

VULNERABILIDADES DE ALFAMA FACE AO RISCO SÍSMICO

Clarisse Isabel Capelas Cerdeira

Provas destinadas à obtenção do grau de Mestre em Riscos e Proteção Civil



Instituto Superior de Educação e Ciências

Fevereiro de 2014

Versão Final

INSTITUTO SUPERIOR DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS

Provas para obtenção do grau de Mestre em Riscos e Proteção Civil

VULNERABILIDADE DE ALFAMA FACE AO RISCO SÍSMICO

Autora: Clarisse Isabel Capelas Cerdeira

Orientador: Mestre Henrique Vicêncio

Co-Orientador: Mestre Nelson Mileu

Fevereiro 2014

AGRADECIMENTOS

Para a realização deste trabalho foi necessário espírito de “lisboeta”, acreditar que seria possível, foi necessária paciência e boa disposição das pessoas que mesmo ocupadas, ajudaram e apoiaram na elaboração deste trabalho, na busca da verdade sobre a Vulnerabilidade de um Bairro emblemático e histórico da cidade de Lisboa, face a um cenário de sismo.

Assim agradeço:

- Ao Mestre Henrique Vicêncio.
- Ao Mestre Nelson Mileu.
- Ao gabinete de projeto A2P, nas pessoas do Eng.º Vasco Appleton, Eng.^a Margarida Rocha e Eng.º Tomás Nunes da Silva.
- Ao Arq. João Appleton.
- Ao Desenhador Vítor Figueiredo da Câmara Municipal de Lisboa, Unidade de Coordenação Territorial, Unidade de Intervenção Territorial Centro Histórico - Divisão Centro Histórico Baixa.
- À Presidente da Junta de Freguesia de Santo Estevão D. Maria de Lurdes.
- À Eng.^a Ana Nicolau da Câmara Municipal de Lisboa, Direção Municipal de Habitação e Desenvolvimento Social.
- À Dr.^a Emília Castela, Diretora do Departamento de Proteção Civil Municipal de Lisboa.
- À Eng.^a Luísa Coelho, do Departamento de Proteção Civil Municipal de Lisboa.
- A todos os que contribuíram com a sua amizade, conhecimentos e com sugestões efetivas para a realização deste trabalho.
- E, finalmente, agradeço à minha família por todas as ideias e incentivos, por todo o apoio, paciência e compreensão, o que contribuiu, sem margem para dúvidas, para a finalização deste trabalho.

RESUMO

A qualidade do edificado urbano é uma componente fundamental no comportamento destas estruturas face à ocorrência de um sismo. Os centros urbanos antigos, pelas suas características estruturais e sociais, apresentam vulnerabilidades acrescidas face a áreas urbanas recentes.

A análise da capacidade de resistência de 120 edifícios localizados no Bairro de Alfama em Lisboa, face à ação sísmica, permite concluir que 70 dessas estruturas necessitam de intervenções preventivas. São apresentadas estimativas de custos decorrentes do colapso de edifícios e da remoção de escombros.

As características das vias viárias e pedonais associadas à resistência do edificado revelam uma elevada vulnerabilidade, o que dificultará as ações de socorro após um sismo com características destruidoras. Da análise efetuada a este tipo de redes constata-se que cerca de 58% poderá ficar intransitável após um sismo. São sugeridos corredores de emergência e locais destinados a centros de coordenação das operações de socorro. Estas características estruturais associadas às vulnerabilidades sociais, tornam-se preocupantes na medida em que se caracterizará e procurará demonstrar-se o tipo e grau de fragilidades objetivas em que se encontra sujeita a comunidade em estudo.

Apresentam-se medidas de mitigação destinadas à salvaguarda do património humano e arquitetónico para que o cenário ocorrido no dia 1 de novembro de 1755 não se repita.

Palavras-Chave: Sismo, vulnerabilidade do edificado urbano, vulnerabilidade social, acessibilidades, socorro.

ABSTRACT

The quality of urban buildings is a key component regarding the way these structures behave during the occurrence of an earthquake. The old urban centers, due to its structural and social characteristics, have increased vulnerabilities when compared to more recent urban areas.

The analysis of the resilience of 120 buildings located in Alfama in Lisbon, in case of seismic action, shows that 70 of these structures require preventive interventions. Estimates of costs arising from the collapse of buildings and debris removal will be presented.

The characteristics of road and pedestrian pathways associated with the building's resistance capacity show high vulnerability. This complicates rescue efforts after an earthquake with massive destructive characteristics. The analysis shows that, in this type of network, about 58 % may become impervious after an earthquake. Emergency corridors and sites for coordination of relief operations are suggested. These structural features associated with the social vulnerabilities of the population, are of great concern. In that order, we will seek to demonstrate the type and degree of objective weakness that the community under study is subjected.

We also present mitigation measures to safeguard the human population and the architectural heritage from a scenario similar to the one that occurred on November 1, 1755.

Key Words: Earthquake, vulnerability of urban built, social vulnerability, accessibility, rescue.

“... a mente que se abre a uma nova ideia, jamais voltará ao seu tamanho original...”

Albert Einstein

Símbolos

α	Coeficiente de sismicidade
β	Valor do coeficiente sísmico de referência
E	Módulo de elasticidade
f	Frequência fundamental
fbk	Valor característico admitido para a resistência dos elementos que constituem a alvenaria, em compressão
fk	Resistência à compressão da alvenaria simples
fvk	Resistência ao corte
fvko	Representa a tensão de resistência ao corte sem a presença de uma tensão axial
γ	Peso volúmico
gd	Tensão de compressão na alvenaria
Ha	Hectares
Gpa	Gigapascal
Hz	Hertz
Kg/m ³	Kilograma por metro cúbico
kN	Kilonewton
Kpa	Kilopascal
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico
mm	Milímetro
Mpa	Megapascal
η	Coeficiente de comportamento
N	Newton
PP	Peso próprio

PVC	Policloreto de vinil
RCP	Restantes cargas permanentes
SC	Sobre-cargas
Sd	Valor de cálculo de um esforço atuante
SPT	Standard penetration test
Vrd	Valor de cálculo do esforço transversal resistente
Vsd	Valor de cálculo do esforço transversal atuante
ψ	Sobrecargas em pavimentos

Índice

AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
Índice	xv
1. Enquadramento	1
2. Objetivos e estrutura da tese	5
2.1. Objetivos	5
2.2. Estrutura da tese	6
3. Caraterização da área de estudo	9
3.1. Edificado	11
3.1.1. Caraterísticas estruturais do edificado	14
3.1.2. Breve história sobre o edificado e regulamentação antissísmica	17
3.2. População	19
3.2.1. Caraterização da população	20
3.3. Redes	22
3.4. Caraterização do solo	23
3.5. Incêndios urbanos	26
4. Zonas sismogénicas e comportamento da área de estudo face ao risco sísmico ..	31
5. Metodologia de análise	37
5.1. Levantamentos de dados no terreno	38
5.1.1. Vulnerabilidade do edificado	40
5.1.2. Social: níveis sociais, mobilidade e agregado familiar	41
5.1.3. Rede viária e pedonal	42
5.2. Modulação do comportamento dos edifícios	47
5.2.1. Análises estruturais	48
5.2.2. Ações	51
5.2.3. Ações permanentes	51
5.2.4. Ações variáveis	51
5.2.5. Ação sísmica	52
5.2.6. Materiais	52
5.2.7. Estados limites últimos	53
5.2.8. Fundações	53
5.2.9. Paredes em alvenaria de pedra	55
5.3. Determinação das vulnerabilidades sociais	61
6. Apresentação de resultados	67

6.1.	Edificado.....	67
6.2.	Vias	70
6.3.	Quanto à vulnerabilidade social.....	74
7.	Medidas de mitigação.....	85
7.1.	Estimativa de custos.....	85
7.2.	Medidas estruturais de mitigação	88
7.2.1.	Soluções estruturais	89
7.2.2.	Soluções não estruturais	90
7.2.3.	Exemplo de reforços tipo.....	91
7.2.4.	Medidas preventivas às condicionantes no local.....	94
7.2.5.	Equipas de voluntariado de bairro	99
8.	Conclusões.....	103
8.1.	Síntese do trabalho elaborado	103
8.1.1.	Breve descrição do trabalho	103
8.1.2.	Avaliação de resultados	103
8.2.	Comentário final	105
9.	Referências bibliográficas	107

ANEXO I - Check List

ANEXO II - Caraterização dos edifícios de Alfama

ANEXO III - Edifícios modelados – SAP2000

ANEXO IV - Folha de cálculo – corte basal

Índice de tabelas:

<i>Tabela 1 - Caraterização do uso dos edifícios da área do projeto.</i>	<i>11</i>
<i>Tabela 2 - Estado de conservação do edificado da área do projeto.</i>	<i>11</i>
<i>Tabela 3 - Época de construção do edificado da área do projeto.</i>	<i>12</i>
<i>Tabela 4 - Número de pisos do edificado da área do projeto.</i>	<i>13</i>
<i>Tabela 5 - Número de indivíduos presentes e residentes</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 6 - Faixa etária de residentes em Alfama.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 7 - Número de indivíduos e sua atividade profissional</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 8 - Matriz de classificação das vias</i>	<i>43</i>
<i>Tabela 9 - Vulnerabilidades do edificado</i>	<i>68</i>
<i>Tabela 10 - Perfil familiar – grau de vulnerabilidade</i>	<i>75</i>
<i>Tabela 11 - Perfil socioeconómico – grau de vulnerabilidade</i>	<i>77</i>
<i>Tabela 12 - Residentes nacionais ou estrangeiros – grau de vulnerabilidade</i>	<i>79</i>
<i>Tabela 13 - Residentes com ou sem viatura – grau de vulnerabilidade</i>	<i>80</i>
<i>Tabela 14 - Edifícios com grau de vulnerabilidade mais elevado (social e edificado) .</i>	<i>84</i>
<i>Tabela 15 - Valor total necessário para remoção de escombros por edifício</i>	<i>88</i>

Índice de figuras:

<i>Fig. 1 - Gazeta de Lisboa, 6 de Novembro de 1755.</i>	<i>1</i>
<i>Fig. 2 - Localização provável do epicentro do terremoto de 1755 e distribuição de intensidades Mercalli Modificada</i>	<i>2</i>
<i>Fig. 3 - Planta de enquadramento de Alfama em Lisboa</i>	<i>3</i>
<i>Fig. 4 - Esquema com estrutura da tese</i>	<i>6</i>
<i>Fig. 5 - Painel de Azulejo no Largo das Alcaçarias</i>	<i>9</i>
<i>Fig. 6 - Época de construção com identificação através dos números de polícia</i>	<i>13</i>
<i>Fig. 7 - Maqueta em madeira do sistema estrutural “gaiola” com características antissísmicas</i>	<i>15</i>
<i>Fig. 8 - Cobertura tipo de duas águas, em Alfama</i>	<i>16</i>
<i>Fig. 9 - Parede de frontal – imagem própria</i>	<i>17</i>
<i>Fig. 10 - Parede de tabique – imagem própria</i>	<i>17</i>
<i>Fig. 11 - Crescimento da cidade de Lisboa, ao longo das épocas</i>	<i>20</i>
<i>Fig. 12 - Rua típica de Alfama - Imagem própria</i>	<i>22</i>
<i>Fig. 13 - Planta de localização das sondagens da área envolvente do Beco do Loureiro</i>	<i>24</i>
<i>Fig. 14 - Corte das sondagens da área envolvente do Beco do Loureiro</i>	<i>25</i>
<i>Fig. 15 - Estado de conservação atualizado</i>	<i>27</i>
<i>Fig. 16 - Localização de Hidrantes</i>	<i>28</i>
<i>Fig. 17 - Veículo de socorro de dimensão reduzida</i>	<i>30</i>
<i>Fig. 18 - Veículo de socorro de dimensão reduzida</i>	<i>30</i>
<i>Fig. 19 - Localização de Portugal na placa euro-asiática</i>	<i>31</i>
<i>Fig. 20 - Carta de Isossista máximas</i>	<i>32</i>
<i>Fig. 21 - Sismicidade do território português</i>	<i>33</i>
<i>Fig. 22 - Distribuição de intensidades no concelho de Lisboa</i>	<i>34</i>
<i>Fig. 23 - Carta de distribuição de intensidades</i>	<i>35</i>
<i>Fig. 24 - Metodologia aplicada</i>	<i>38</i>
<i>Fig. 25 - Mapa turístico de Alfama</i>	<i>39</i>
<i>Fig. 26 - Condicionantes no terreno</i>	<i>44</i>
<i>Fig. 27 - Condicionantes no terreno</i>	<i>44</i>
<i>Fig. 28 - Condicionantes (esplanadas)</i>	<i>46</i>
<i>Fig. 29 - Indicação de caminhos de fuga</i>	<i>47</i>

<i>Fig. 30 - Tabela das características de resistência e deformabilidade de areias e argilas em função dos resultados de ensaios de penetração.</i>	54
<i>Fig. 31 - Resultado obtido da modelação do edifício às forças de tração.</i>	55
<i>Fig. 32 - Identificação de quarteirões</i>	60
<i>Fig. 33 - Perímetro de estudo – Alfama</i>	68
<i>Fig. 34 - Vulnerabilidades do edificado</i>	69
<i>Fig. 35 - Classificação das vias</i>	70
<i>Fig. 36 - Vias de emergência</i>	71
<i>Fig. 37 - Idosos com mobilidade reduzida</i>	73
<i>Fig. 38 - Perfil Familiar</i>	76
<i>Fig. 39 - Perfil Familiar/Vulnerabilidade do edificado</i>	77
<i>Fig. 40 - Perfil socioeconómico</i>	78
<i>Fig. 41 - Perfil socioeconómico /Vulnerabilidade do edificado</i>	79
<i>Fig. 42 - Residentes Nacionais e estrangeiros/Vulnerabilidade do edificado</i>	80
<i>Fig. 43 - Residentes com viatura própria ou não</i>	81
<i>Fig. 44 - Possuem viatura própria ou não/Vulnerabilidade do edificado</i>	82
<i>Fig. 45 - Classificação quanto ao grau de vulnerabilidade</i>	83
<i>Fig. 46 - Classificação quanto ao grau de vulnerabilidade edificado e social</i>	84
<i>Fig. 47 - Reforço de parede de alvenaria, feito através de encasques</i>	91
<i>Fig. 48 - Reforço de vigas de madeira</i>	92
<i>Fig. 49 - Reforço de peças de madeira, com a introdução de resinas poliméricas</i>	92
<i>Fig. 50 - Reforço de paredes de alvenaria através de injeção de fendas com caldas</i>	93
<i>Fig. 51 - Reforço de fundações</i>	93
<i>Fig. 52 - Reforço de paredes de alvenaria com aplicação de tirantes</i>	94
<i>Fig. 53 - Cobertura provisória - Desenho autocad. Autoria própria</i>	95
<i>Fig. 54 - Tipos de andaimes - Desenho autocad. Autoria própria</i>	96
<i>Fig. 55 - Andaimes apoiados em consola - Desenho autocad. Autoria própria</i>	96
<i>Fig. 56 - Exemplo de um troço de andaime em consola</i>	97
<i>Fig. 57 - Condicionantes criadas pelo comércio - Imagem própria</i>	98
<i>Fig. 58 - Caminhos evacuação de esplanadas</i>	99
<i>Fig. 59 - Exemplos de trabalhos efetuados pelos voluntários</i>	101

1. Enquadramento

Lisboa tem sido atingida ao longo da sua história por vários sismos destruidores, nomeadamente o de 24 de agosto de 1356 e o de 1 de novembro de 1755 (Fig.1). São expectáveis prejuízos materiais e sociais avultados decorrentes de um sismo, próximo ou distante, com características destruidoras, nomeadamente nos bairros mais antigos e degradados.

Existem várias descrições sobre os efeitos do sismo de 1755, destacando-se a do relato feito por um inglês de passagem por Portugal (Ribeiro e Cidade, 2004):

“O dia 1 do corrente, ficará memorável a todos neste século pelo terramoto e incêndios que arruinaram grande parte da cidade, mas tem havido a felicidade de se acharem entre as ruínas os cofres da Fazenda real e da maior parte dos particulares”



Fig. 1 - Gazeta de Lisboa, 6 de Novembro de 1755.

Fonte: <http://osemprefixe.blogspot.pt/2011/06/o-terramoto-de-1755.html>

“Ao olhar nesse instante para os lados da cidade, vi que os prédios mais altos, com vários andares, rachavam e desmoronavam-se com grandes estampidos e ruído.

Todas as pessoas que não foram esmagadas mortalmente pela queda dos edifícios correram para os largos e para as maiores praças e aquelas que estavam perto do rio fugiram para a beira da água, procurando salvar-se em botes ou qualquer coisa em que fosse possível flutuar. O povo corria e gritava chamando por navios que fossem em seu socorro mas, enquanto a multidão se juntava à beira do rio, a água elevou-se a uma tal altura que invadiu e inundou a parte mais baixa da cidade, aterrorizando tanto os já horrorizados e míseros habitantes que mesmo aqui a bordo podíamos ouvir os seus gritos terríveis e via-se a multidão correndo de um lado para o outro completamente desorientada, convencida de que tinha chegado o fim do mundo, para depois cair de

joelhos implorando o auxílio de Deus nosso Senhor!”

Este sismo terá tido o seu epicentro no mar, entre 150 a 500 quilómetros a sudoeste de Lisboa (Fig. 2), estimando-se a sua magnitude em cerca de 9 na escala de Richter.

Relatos da época afirmam que os abalos foram sentidos, consoante o local, entre seis minutos e duas horas e meia, causando fissuras enormes de que ainda hoje há vestígios em Lisboa.

Em 1969 ocorreu um outro sismo com epicentro localizado na mesma área, muito sentido em Lisboa, mas sem danos.

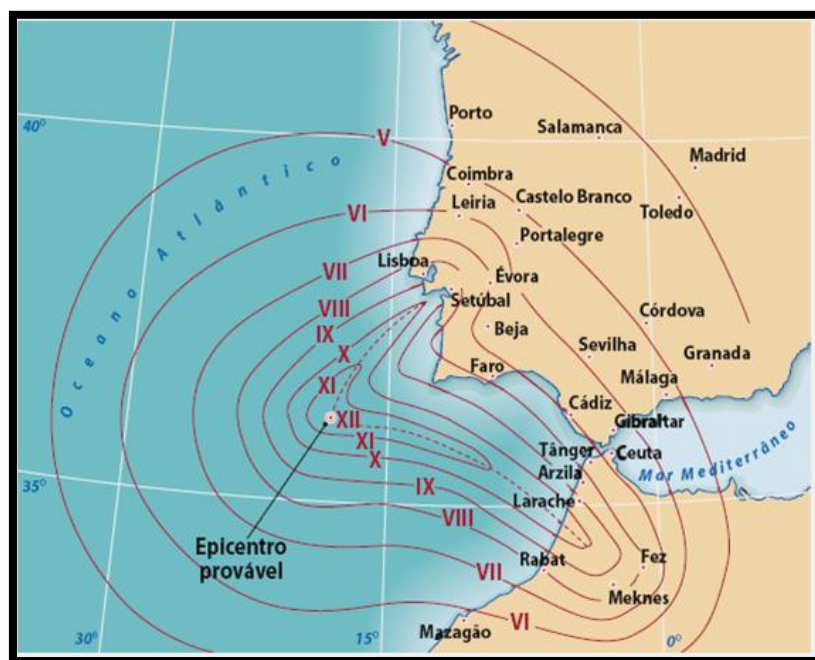


Fig. 2 - Localização provável do epicentro do terremoto de 1755 e distribuição de intensidades Mercalli
Modificada

Fonte: <http://www.netxplica.com/exercicios/cn7/carta.isossitas.htm>

O terramoto de Lisboa abalou muito mais que a cidade e os seus edifícios. Lisboa era a capital de um país católico, com grande tradição de edificação de conventos e igrejas e empenhado na evangelização das suas colónias. O facto de o terramoto ocorrer em dia santo e destruir várias igrejas importantes levantou muitas questões religiosas por toda a Europa. Para a mentalidade religiosa do século XVIII, foi uma manifestação da ira divina de difícil explicação.

Na política, o terramoto foi também devastador. O ministro do Rei Dom José I, o Marquês de Pombal, era favorito do rei, mas não do agrado da alta nobreza, que competia pelo poder e favores do monarca.

Depois de 1 de novembro, a eficácia da resposta do Marquês de Pombal (cujo título lhe é atribuído em 1770) garante-lhe um maior poder e influência perante o rei, que também aproveita para reforçar o seu poder e consolidar o Absolutismo.

As características físicas e sociais dos centros urbanos antigos de Lisboa podem traduzir-se em vulnerabilidades face ao risco sísmico. O Bairro de Alfama (Fig. 3) poderá apresentar danos sociais e estruturais muito significativos face à ocorrência de um sismo próximo ou distante com características destruidoras.

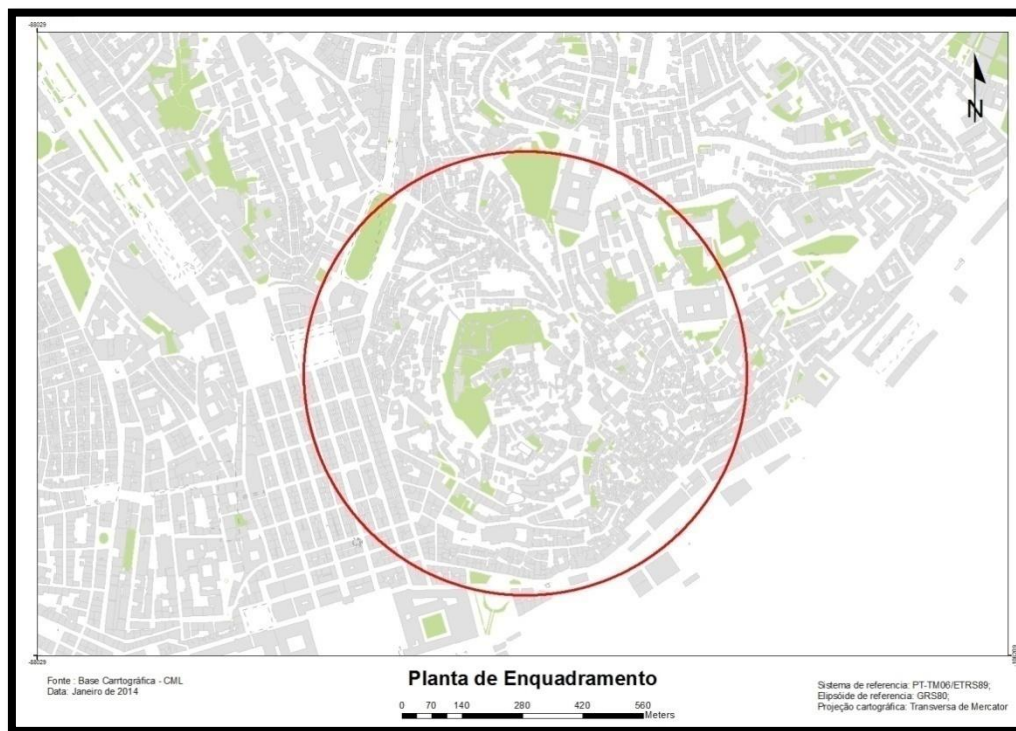


Fig. 3 - Planta de enquadramento de Alfama em Lisboa

2. Objetivos e estrutura da tese

2.1. Objetivos

Lisboa apresenta uma perigosidade sísmica considerada elevada, pelo que a necessidade de se fazer uma avaliação individual da vulnerabilidade sísmica do edificado antigo de Alfama, das acessibilidades e da vulnerabilidade social torna-se cada vez mais urgente.

Assim, o objetivo principal desta tese é:

- A avaliação das vulnerabilidades do edificado, das vias acesso pedonal e rodoviário e das vulnerabilidades sociais do bairro de Alfama.

Nas diversas avaliações foram observados os respetivos objetivos específicos:

- A elaboração de um levantamento no terreno para caracterização do edificado urbano da nossa área de estudo.
- A análise das vias de acesso, com recurso a um levantamento de campo, onde foram avaliadas suas vulnerabilidades.
- A modelação e análise do comportamento dos edifícios, com recurso a *software* apropriado, de forma à sua classificação relativa às vulnerabilidades.
- A caracterização da área de estudo do ponto de vista social, edificado, demográfico e vias de acesso.
- A análise, com recurso a estatística, de resultados obtidos no trabalho de campo, de forma a determinar os diferentes perfis de vulnerabilidade social.
- A determinação dos locais onde a vulnerabilidade do edificado e a vulnerabilidade social, se verifica mais elevada para identificação de prioridades no socorro.
- A determinação dos prejuízos económicos, da reconstrução dos edifícios com elevada probabilidade de colapso.
- A identificação de possíveis medidas de mitigação de forma a reduzir os riscos.

2.2. Estrutura da tese

A estrutura da tese é composta por 8 capítulos. A Fig. 4 resume as diferentes fases deste trabalho.

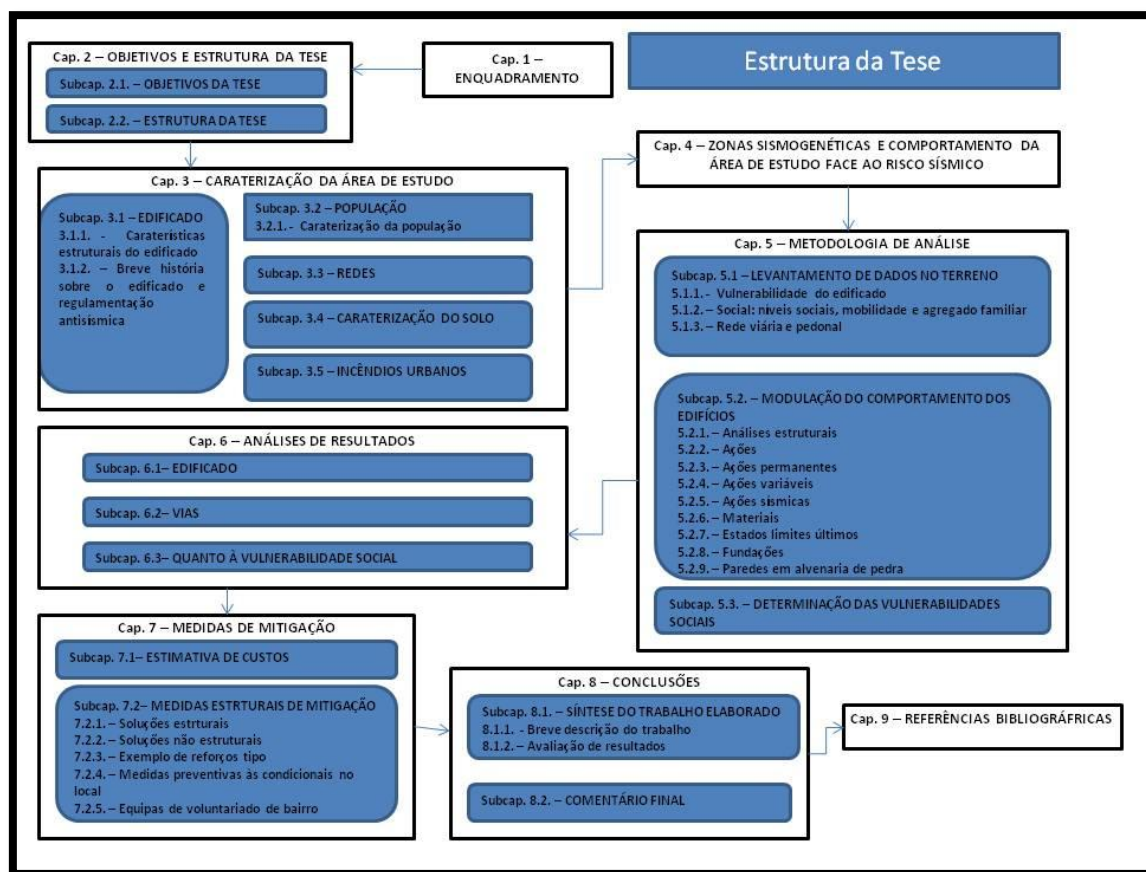


Fig. 4 - Esquema com estrutura da tese

O capítulo 1 corresponde ao enquadramento de Alfama e da zona em estudo.

O capítulo 2 corresponde aos objetivos e estrutura da tese, sendo que numa segunda fase dos objetivos estão assinalados os objetivos específicos.

O capítulo 3 inicia a caraterização da área de estudo, através da caraterização do edifício, tipo de estruturas, sua evolução ao longo das épocas e uma breve introdução sobre regulamentação antissísmica.

O capítulo 4 pretende identificar e localizar Alfama quanto à zona sismogenética e seu comportamento face a um risco sísmico.

O capítulo 5 refere-se à metodologia aplicada, nomeadamente com recurso a levantamentos no terreno, dando origem à análise da vulnerabilidade do edifício, social e das redes viárias e pedonais.

Com recurso a *software* apropriado modelou-se o comportamento dos edifícios, tendo como variáveis a análise estrutural, ações, ações permanente, ações variáveis, ações sísmicas, materiais, estados limites últimos, fundações e paredes de alvenaria de pedra.

Também neste capítulo, identificam-se as vulnerabilidades sociais através de análise estatística de resultados.

O capítulo 6 refere-se à apresentação de resultados relativos ao edificado, vias e sociais.

O capítulo 7 sugere as medidas de mitigação, com base numa estimativa de custos e com base nas medidas estruturais de mitigação.

O capítulo 8 conclui com base na síntese do trabalho elaborado e nos comentários finais.

O capítulo 9 apresenta as referências bibliográficas consultadas para a elaboração do trabalho.

3. Caraterização da área de estudo

Alfama é o mais antigo e um dos mais típicos bairros da cidade de Lisboa e o seu nome deriva do árabe *al-hamma*, que significa banhos ou fontes (Fig. 5).



Fig. 5 - Painel de Azulejo no Largo das Alcaçarias

Fonte: <http://lisboaantiga.blogspot.pt/p/banhos-da-alfama-ou-alcacarias-da.html>

Atualmente, abrange as freguesias de São Miguel, Santo Estêvão, São Vicente de Fora e parte de dois arruamentos da Freguesia da Sé (Rua do Barão e Rua São João da Praça).

Alfama, enquanto zona histórica, e à semelhança de outras zonas da cidade, caracteriza-se por uma reduzida dimensão dos quarteirões, bem como por um elevado índice de ocupação de solo, o que determina uma rede viária muito estreita, constituída por pequenas vias de traçado irregular e sinuoso, que se compõem em muitos casos de becos e escadarias, fatores que podem propiciar condicionantes à prestação de socorro face à ocorrência de um acidente grave ou catástrofe.

As próprias edificações antigas e degradadas não possuem capacidade resistente e suficiente, relativamente a incêndios e sismos para além da população residente envelhecida, fatores que contribuem para a existência de altas vulnerabilidades sociais e estruturais face à ação sísmica.

A maioria dos edifícios não resistiu ao terramoto de 1755. Apesar de praticamente já não existirem casas mouriscas, o bairro conserva um pouco do ambiente dessa época (atente-se ao *casbá- cidadela* com as suas ruelas, escadarias e roupa a secar nas janelas, elementos esses que servem de condicionantes a qualquer necessidade de socorro de vítimas).

As áreas mais arruinadas têm vindo a ser alvo de profundas obras de restauro, mas que se têm evidenciado insuficientes perante o cenário degradado do património habitacional de Alfama. No entanto, a vida continua a desenvolver-se tranquilamente em volta das pequenas mercearias, esplanadas e tabernas, apesar dos inúmeros riscos que se correm.

Na última fase do Estado Novo, Alfama foi deixada completamente ao abandono e a criminalidade começou a aumentar. No pós 25 de Abril, pouco ou nada foi feito no sentido de devolver a vida próspera a este bairro histórico, que se tinha tornado, na década de 80, num dos bairros mais problemáticos da cidade, sobretudo no que diz respeito ao tráfico de droga. Apenas em meados da década de 90, Alfama começou a ser lentamente recuperada, sendo hoje em dia um exemplo a seguir por outras zonas históricas, como o Intendente ou o Bairro Alto, mas ainda existem muitas situações graves, ignoradas ou desconhecidas pelas entidades competentes e que, no desenvolvimento deste trabalho, irão ser salientadas.

As formações geológicas superficiais aqui existentes poderão apresentar comportamentos desfavoráveis ao movimento sísmico, o que associado à degradação do seu parque habitacional poderá levar a um elevado número de edifícios colapsados face à ocorrência de um sismo com características destruidoras. O entulho proveniente destes colapsos, em conjugação com alguns comportamentos sociais da população residente, pode comprometer a eficácia do socorro.

As vulnerabilidades existentes no Bairro de Alfama podem então ser resumidas às seguintes:

- Edificações antigas e degradadas;
- Entulho proveniente do colapso de estruturas;
- Elevado índice de ocupação do solo;
- Reduzida dimensão dos quarteirões;
- Rede viária muito estreita, constituída por pequenas vias de traçado irregular e sinuoso;
- Becos e escadarias;
- População residente envelhecida;

- Formações geológicas superficiais com comportamentos desfavoráveis face à ocorrência de sismos.

3.1. Edificado

A caracterização do edificado de Alfama inclui o tipo de uso, estado de conservação, época construtiva e o número de pisos.

Com base em dados disponibilizados pelo Departamento Municipal de Proteção Civil da Câmara Municipal de Lisboa resultantes de um levantamento efetuado em 2008, apresenta-se uma breve caracterização da área em estudo quanto ao seu uso (Tabela 1):

Tabela 1 - Caracterização do uso dos edifícios da área do projeto.

Caraterização	Quantidade
Clássico/Prédio/Moradia	113
Industrial	1
Outro	2
Palácio/Palacete	2
Pátio/Vila	1
Religioso	1

Segundo observação da Tabela 1 verifica-se que a maioria dos edifícios é destinada à habitação.

O levantamento dispensado pela DPCM – Departamento Municipal Proteção Civil de Lisboa, disponibiliza registos quanto ao estado de conservação do edificado de Alfama em 2008. No entanto, após a realização de um levantamento no âmbito da presente tese segundo critérios de classificação do estado de conservação, obtiveram-se os resultados da Tabela 2.

Tabela 2 - Estado de conservação do edificado da área do projeto.

Estado de conservação	Quantidade
Devoluto	10
Em obra	3
Não remodelado	49
Obra parada	3
Remodelado	55

Verifica-se que grande parte (cerca de 55) dos edifícios se encontra atualmente remodelado. Existem 49 edifícios não remodelados e, por conseguinte, vulneráveis à ação sísmica, e existe um elevado número de edifícios devolutos - cerca de 10 -, onde se verifica existirem algumas patologias relativas à fachada principal do edifício, comprometendo a sua estabilidade e colocando-os em risco de colapso.

Pela observação exterior do edificado, são visíveis diversas patologias ao nível dos

prédios em Alfama, nomeadamente:

- Deformação ou desagregação da cobertura;
- Retrações do revestimento;
- Corrosão de elementos metálicos;
- Reações aos sais (salitre);
- Colapso da cobertura;
- Colonização de herbáceas;
- Desagregação de revestimentos;
- Fraturas nas cantarias.

Os edifícios existentes em Alfama podem ser classificados e caracterizados da seguinte forma:

- Antes de 1755 – Edifícios com estrutura de alvenaria;
- 1755 a 1880 – Edifícios com estrutura de alvenaria da época pombalina;
- 1880 a 1930 – Edifícios com estrutura de alvenaria tipo gaioleiro;
- 1930 a 1960 – Edifícios com estrutura mista de alvenaria e betão;
- A partir de 1960 – Edifícios em betão armado.

Optou-se, na área de estudo, pela utilização de um critério baseado nos processos construtivos utilizados.

Considera-se que todos os edifícios são de estrutura Gaiola Pombalina, pelo que são todos pós-terramoto, à exceção do Palacete existente na Rua Guilherme Braga, n.º 3 a 7, que remonta ao Séc. XVI e resistiu ao terremoto, bem como a Igreja de Nossa Sr.ª dos Remédios, na Rua dos Remédios, que remonta ao Séc. XII e que igualmente resistiu ao terremoto (Tabela 3 e Fig. 6) (P. Miranda comunicação pessoal, 5 de novembro, 2013).

Tabela 3 - Época de construção do edificado da área do projeto.

Época de construção	Quantidade
Antes do Séc. XVII	2
Pós-terramoto	118

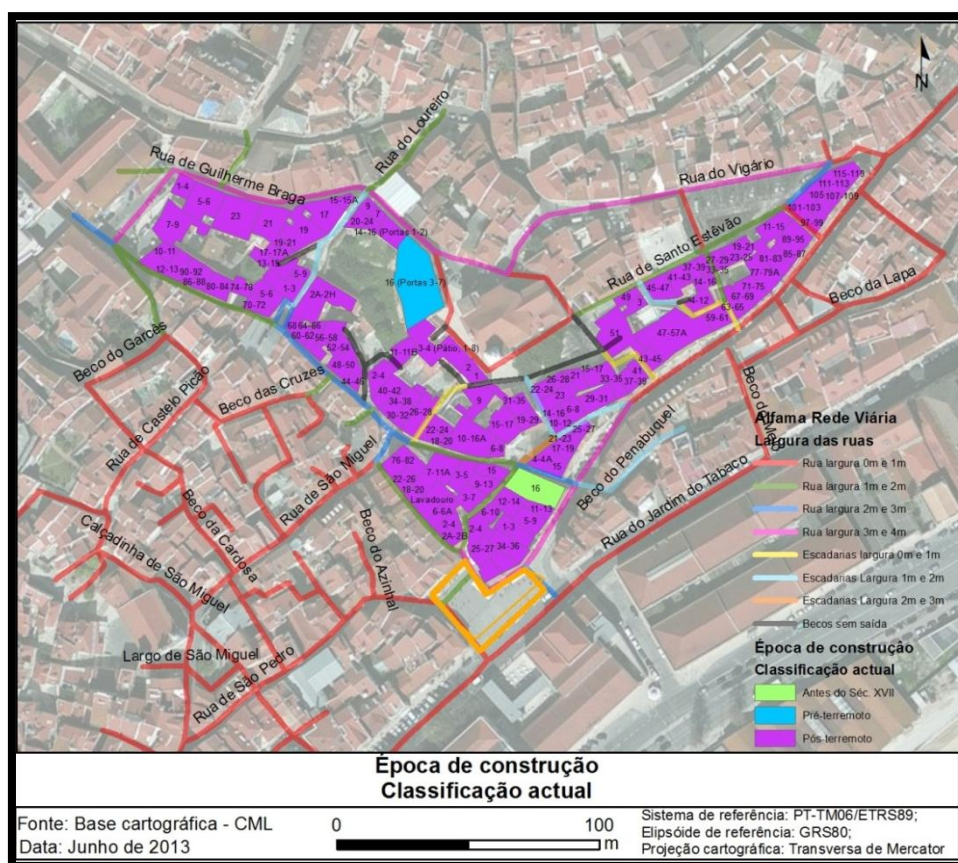


Fig. 6 - Época de construção com identificação através dos números de polícia

Relativamente ao número de pisos que caracterizam as construções de Alfama, verifica-se que grande parte dos edifícios nesta área são maioritariamente compostos por 3 e 4 pisos acima da cota do terreno, e que uma pequena minoria é composta por 1 e 6 pisos. Esta distribuição explica-se pela prioridade de reconstrução pós-terramoto com base no critério de uniformização de fachadas e com características resistentes às solicitações a que eram sujeitos os edifícios e, de alguma forma, criar métodos construtivos resistentes aos sismos (Tabela 4).

Tabela 4 - Número de pisos do edificado da área do projeto.

Número de Pisos	Quantidade
0 Pisos	4
1 Pisos	6
2 Pisos	14
3 Pisos	37
4 Pisos	41
5 Pisos	18
6 Pisos	2

Na observação direta da Tabela 4, destaca-se a primeira linha por corresponder à existência de 4 edifícios, cujo número de pisos corresponde a zero. Ora isto acontece naqueles edifícios onde foram iniciadas obras de reconstrução mas que por motivos

desconhecidos, foram interrompidas e assim ficaram apenas com as paredes periféricas de pé, estando o seu interior todo demolido.

Nesta zona os edifícios de habitação, em média, não ultrapassam os 3/5 pisos, e têm paredes exteriores de fachada em alvenaria que variam entre 0,50-0,60 metros de espessura.

No entanto, registam-se algumas exceções, conforme se verifica nos únicos 2 edifícios da nossa área de estudo com 6 pisos, talvez resultante de acrescentos feitos pelos inquilinos que não fazem parte da estrutura inicial do edifício, o que se verifica muito neste tipo de bairros históricos.

Em síntese, o edificado da área de estudo destina-se essencialmente à habitação, sendo que cerca de 50% não está remodelado e 63% tem entre 3 e 4 pisos.

3.1.1. Caraterísticas estruturais do edificado

A reconstrução dos edifícios da época pós-terramoto teve como objetivo a uniformização das fachadas alinhando-as, não permitindo cunhais expostos, a regularização nas alturas dos edifícios, dando assim origem a que as empenas funcionassem como travamento aos impulsos provocados por um sismo.

Os estudos científicos da época e o conhecimento que já se começava a apresentar de forma global, veio estimular grandes alterações nas malhas urbanas, nomeadamente no que diz respeito ao saneamento básico. Esta medida veio alterar comportamentos, evitando que os detritos continuassem a ser enviados para a rua, o que provocava a saturação dos solos, aumentando assim a estabilidade deste perante um sismo.

Os edifícios em estudo no âmbito desta tese são constituídos por uma estrutura em “gaiola”, que consiste em pequenos sistemas de pórticos tridimensionais contraventados em madeira e perpendiculares entre si (Fig. 7).



Fig. 7 - Maqueta em madeira do sistema estrutural “gaiola” com características antissísmicas

Fonte: (Appleton, 2003)

Como já foi referido, a maioria dos edifícios em Alfama, é composta por 3 e 4 pisos e muitos deles apresentam-se alterados ao nível do rés-do-chão em virtude da implantação de atividades comerciais, impostas muitas vezes pelo elevado número de turistas que diariamente visita o bairro, sendo o comércio uma das grandes fontes de rendimento dos locais. Nos pisos superiores as alterações são muitas das vezes devido às necessidades de alterar/ampliar as divisões de forma a acomodar também o maior número de turistas, e ir também ao encontro das diversas necessidades das famílias residentes que vão aumentando o seu agregado familiar.

As paredes exteriores são constituídas por alvenaria de pedra, com cerca de 0,60 metros de espessura ao nível do rés-do-chão e diminuindo de espessura à medida que sobem, rebocadas e ligadas a uma estrutura interior de madeira, com a preocupação de lhes conferir características de travamento.

As paredes das empenas, denominadas de paredes mieiras, desenvolvem-se com cerca de 0,40-0,50 metros de espessura, o que para além da sua função de parede separadora de habitações, também funciona como um elemento corta-fogo.

No interior das habitações, estas são constituídas por diversos compartimentos construídos através de paredes denominadas de paredes de frontais e tabiques, estas sem função resistente.

Este tipo de construção representou uma grande inovação para a época, uma vez que em nenhuma cidade da Europa se tinham implementado um número tão elevado de métodos construtivos, tendo como prioridade a melhoria do comportamento dos edifícios face a

um cenário de sismo.

Uma das características da reconstrução pós-terramoto consiste na reconstrução feita sobre os escombros dos edifícios que colapsaram na altura, o que permite, por exemplo, uma drenagem eficiente nas zonas mais elevadas, embora do ponto vista do comportamento sísmico este tipo de solo tenha fracas características geomecânicas.

Ao nível da fachada, também com uma função de travamento, as cantarias apresentam-se na sua grande maioria em alvenaria de pedra de palmo.

Relativamente às coberturas estas apresentam-se, normalmente em forma triangular de duas águas, constituída por asnas, madres, varas, fileira e contra-frechal (Fig. 8).

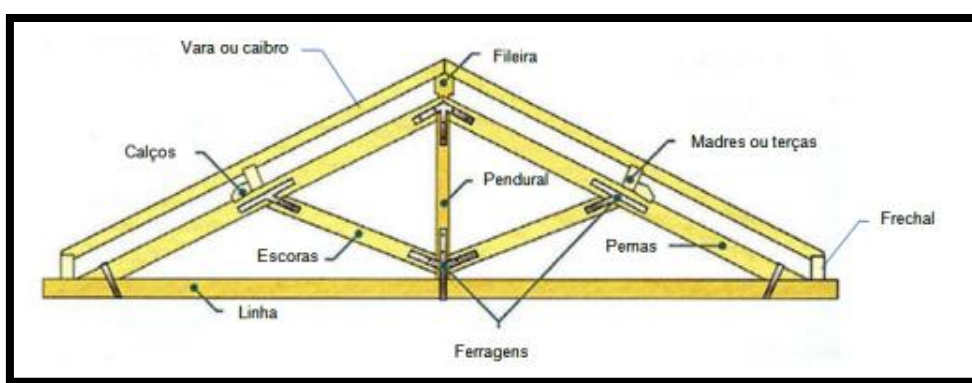


Fig. 8 - Cobertura tipo de duas águas, em Alfama

Fonte: (Pinho, 2008)

Os pavimentos apresentam-se em estrutura de madeira, sólida com a estrutura de gaiola.

Estes são constituídos por vigas de madeira de secção de 16×8 centímetros espaçadas entre si 0,50 metros onde são colocados os tarugos com a mesma secção e que têm a função de impedir os esforços de torção destas vigas, permitindo que o pavimento também tenha função estrutural.

Em termos construtivos, os edifícios do Bairro de Alfama baseiam-se em processos tradicionais de construção, anteriores ao betão armado, tais como as paredes mistas de madeira, alvenaria e pavimentos com vigamentos de madeira. Os materiais predominantes são a madeira, a pedra e a cal.

Neste período de reconstrução pós-terramoto, as fundações eram essencialmente de dois tipos: (i) fundações diretas, constituídas pelo prolongamento das paredes de alvenaria com a mesma largura ou com um ligeiro alargamento, até ao terreno resistente; e (ii) fundações semidirectas, constituídas por poços de alvenaria de pedra, encimados por arcos de alvenaria de pedra ou tijolo. Enquanto o primeiro tipo de fundações deverá ser

encontrado presumivelmente em elementos menos carregados, estruturalmente secundários ou localizados em zonas com estrato portante superficial, o segundo tipo será possivelmente encontrado nas fundações das paredes estruturalmente mais importantes e/ou nos casos em que o estrato portante se encontra abaixo dos 4m de profundidade.

Por observação direta no terreno, em junho de 2013, no decurso do trabalho de campo efetuado, confirmou-se que as paredes principais dos edifícios são constituídas por alvenaria de pedra argamassada de grande espessura, não só por razões de proteção e habitabilidade do interior, como também por razões estruturais. Note-se que a alvenaria não resiste à tração, mas resiste razoavelmente à compressão, conforme poderemos observar mais à frente na apresentação de resultados da modulação do comportamento dos edifícios através do *software* SAP2000.

No entanto, verifica-se que os edifícios modulados apresentam pouca resistência aos esforços de corte. Logo, quanto maior a espessura da parede, maior o seu peso próprio que funciona como força estabilizante ao permitir um maior equilíbrio de forças horizontais e deslizantes características de um sismo.

As paredes interiores resistentes nos pisos superiores são em estrutura mista de madeira e alvenaria, formando paredes de frontal (Fig. 9).

As paredes interiores de menor importância (do ponto de vista estrutural) são de tabique de tábua ao alto, forradas com rebocos sobre fasquiado (Fig. 10).



Fig. 9 - Parede de frontal – imagem própria



Fig. 10 - Parede de tabique – imagem própria

3.1.2. Breve história sobre o edificado e regulamentação antissísmica

Os sismos atuam sobre os edifícios, causando uma vibração que se transmite das fundações até à estrutura na superfície. Os esforços desenvolvidos nas componentes estruturais do edifício podem ultrapassar o seu limite de resistência, provocando-lhes

danos e eventualmente levando-os a colapsar.

No entanto, segundo Lima (1998), a avaliação do risco não depende única e exclusivamente do conhecimento da magnitude do sismo e da frequência com que estes ocorrem, mas também da probabilidade da ocorrência de sismos no futuro.

Na maioria das vezes, são os danos verificados nas estruturas os principais responsáveis pelos danos infligidos às vidas humanas, bens e património. De facto, se um sismo ocorrer numa área despovoada, não representa nenhum risco, pois não tem elementos expostos.

O comportamento dos edifícios durante um sismo depende, para além da magnitude do fenómeno, dos materiais e técnicas utilizadas na sua construção. Em Lisboa coexistem edifícios de idade, tipologia construtiva e estados de conservação muito diferentes, o que dificulta a antevisão do seu comportamento em caso de sismo, já não falando das alterações implementadas sem regras por parte dos ocupantes das habitações ou seus proprietários.

Para minimizar os possíveis efeitos da ação sísmica sobre os edifícios, são utilizadas técnicas de construção denominadas antissísmicas. Baseiam-se num conjunto de normas de construção adequadas para suportar os esforços impostos por um sismo.

Desde tempos recuados na História que, em Lisboa, eram conhecidos alguns princípios simples de construção que garantiam uma melhor resposta dos edifícios à ação sísmica.

É no tempo do Marquês de Pombal que aparece a primeira regulamentação antissísmica, a qual foi rigidamente aplicada no processo de reconstrução da cidade, após o grande terramoto.

A primeira legislação antissísmica portuguesa dos tempos modernos surge, no entanto, em 1958.

Outras legislações se seguiram, estando atualmente em vigor o RSA (Regulamento de Segurança e Ações em Estruturas de Edifícios e Pontes), publicado em 1983.

Os edifícios construídos antes da legislação antissísmica têm vindo a ser alvo, sobretudo nas zonas históricas de Lisboa, de intervenções com vista à sua recuperação e reforço.

Aí se registam já preocupações de ordem antissísmica.

A Comissão Europeia tem dinamizado um processo de normalização das legislações

antissísmicas dos países europeus, produzindo um Eurocódigo, no caso dos sismos trata-se do Eurocódigo 8, que será aplicado a todos os países, após ser objeto das adaptações necessárias.

3.2. População

As características populacionais de Alfama têm origens muito remotas, mas o sismo de 1755 terá influenciado profundamente as suas especificidades. A sua população terá sido reduzida a metade e as pessoas com mais recursos económicos deslocaram-se para outras zonas de Lisboa, pelo facto de as melhores casas terem ficado completamente arruinadas.

Seguindo o pensamento de Costa (1999), presume-se que Alfama da atualidade tenha tido a sua origem na catástrofe ocorrida em 1755.

Nessa altura, famílias mais pobres aproveitaram e ocuparam o lugar deixado pela população anterior, reconstruindo as casas seguindo os traçados antigos, e utilizando os destroços e escombros do terramoto.

O bairro, nessa altura, deixou para atrás o seu passado de bairro de estatuto social elevado, para passar a ser um bairro pobre e fortemente degradado.

Efetivamente, com o terramoto e com o agravamento progressivo das condições de vida ao longo dos séculos, as casas de Alfama não foram acompanhando as evoluções dos padrões de conforto, sendo que até há 30 anos atrás estas não tinham quaisquer infraestruturas tais como, cozinha e casa de banho, mas mesmo assim estas foram habitação para muitas famílias de extrato social mais baixo.

Parte significativa da população antiga do bairro é constituída por pessoas de famílias que vivem há algumas gerações em Alfama, e que ainda hoje continua a ter aquela vida antiga de bairro, de comunidade, de convivência e boa vizinhança, bem como com alguns atritos que são um dos *ex libris* do bairro.

A maior parte da população antiga de Alfama é originária do importante êxodo rural que houve nos anos 1930-1940.

Hoje em dia, essas pessoas fazem parte do bairro. Normalmente são proprietários, mas há alguns que são arrendatários.

A população que imigrou, em tempos, dos meios rurais, implantou-se neste bairro e foi assim criando as suas famílias e em grande parte ainda constituem a população mais

envelhecida, mantendo ativos estabelecimentos de comércio como as “tascas”, restaurantes e casas de fado.

Alfama tem a particularidade de ter uma elevada densidade populacional, o que a caracteriza desde sempre e que tem vindo a acentuar ao longo das épocas (Fig. 11).

Como já referido, esta é uma área constituída por prédios baixos e antigos, e embora se tenha vindo a assistir ao decréscimo populacional nas últimas décadas, tanto em Lisboa como em Alfama, este bairro apresenta uma aparente elevada densidade demográfica.

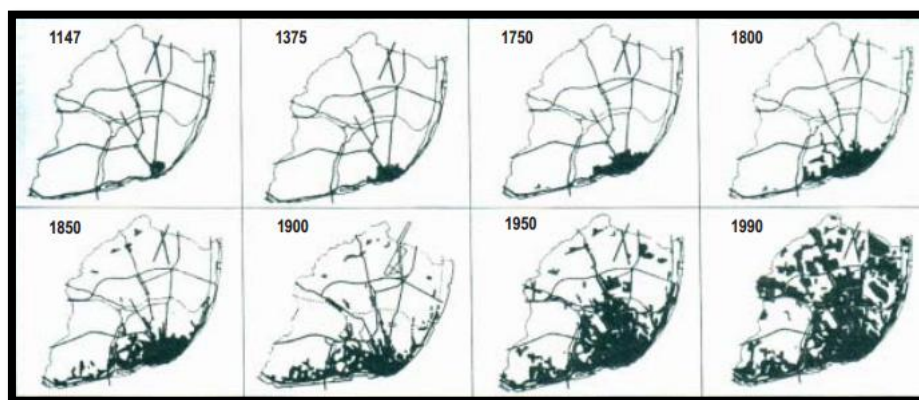


Fig. 11 - Crescimento da cidade de Lisboa, ao longo das épocas

Fonte: imagem extraída de Barata Salgueiro (2001), Lisboa, Periferia e Centralidades, Celta, Oeira pp.33.

De acordo com o Censos do Instituto Nacional de Estatística de 2011, a nossa área de estudo em Alfama, é constituída por uma população de 345 residentes efetivos que se distribuem por duas categorias: os residentes que são proprietários de suas habitações e os inquilinos.

A diminuição de residentes tem como causa provável a degradação dos edifícios e o facto de a sua reabilitação ser demasiado dispendiosa, dando lugar a um comércio paralelo, de aluguer dos apartamentos para turismo, que se traduz por uma taxa de ocupação diária de população que pode ser muito elevada.

Esta não está contabilizada em documentação oficial, sendo difícil uma avaliação rigorosa do número de pessoas que diariamente vivem e pernoitam em Alfama.

Observa-se um enorme fluxo de turistas que fluem pelas sinuosas ruas e becos, em grandes grupos.

3.2.1. Caraterização da população

Da consulta do Censos de 2011, através do site do INE – Instituto Nacional de

Estatísticas obtiveram-se dados relativos a esta área de estudo, nomeadamente, quanto ao número de indivíduos Homens/Mulheres residentes e presentes.

Verifica-se (Tabela 5) que em termos percentuais existem mais mulheres que homens neste perímetro de estudo.

Tabela 5 - Número de indivíduos presentes e residentes

Categoria	Quantidade	%
N.º Indivíduos presentes	312	100%
Homens	140	45%
Mulheres	172	55%
N.º Indivíduos residentes	345	100%
Homens	151	43%
Mulheres	194	56%

Analisando os dados disponíveis (Tabela 6) verificamos que a maioria da população da nossa área de estudo é composta maioritariamente por indivíduos com faixa etária que varia entre os 25 e 64 anos e seguidamente por indivíduos com 65 anos.

Tabela 6 - Faixa etária de residentes em Alfama

Faixa etária de indivíduos residentes	Quantidade	Total
0 a 4 anos	6	345
5 a 9 anos	4	
10 a 13 anos	4	
14 a 19 anos	8	
20 a 24 anos	12	
25 a 64 anos	191	
65 anos	120	

De acordo com os Censos 2011, residiam em Alfama 23 indivíduos à procura de emprego e 133 reformados. Dos residentes ativos, em termos profissionais (Tabela 7), estes variam significativamente nos diferentes setores económicos, verificando-se uma percentagem muito elevada (92%) de efetivos no setor terciário, e nos restantes setores valores muito baixos e até mesmo nulos.

Tabela 7 - Número de indivíduos e sua atividade profissional

Categoria	Quantidade	%
Nº Indivíduos residentes empregados setor primário	0	0
Nº Indivíduos residentes empregados setor secundário	11	8
Nº Indivíduos residentes empregados setor terciário	121	92

Um dado curioso, retirado do Censos 2011, foi o facto de se verificar uma baixa taxa de analfabetismo, cerca de 5%.

Desde o terramoto de 1755, é comum em Alfama existir uma população com fracos recursos monetários. De facto, até à década de 80, este bairro viveu com graves problemas sociais associados à pobreza e à população envelhecida. Até esta altura,

muitas das famílias não tinham acesso à escolaridade. No entanto hoje em dia a realidade é diferente, conforme apontam os números.

3.3. Redes

As redes pedonais e rodoviárias desempenham um papel fundamental no socorro depois de um sismo com características destruidoras.

Alfama apresenta vias com diversas condicionantes, tais como, a sinuosidade, seus raios de curvatura apertados e profundos, e larguras estreitas (Fig. 12).

Entenda-se por condicionante todo o obstáculo que possa provocar interrupção, total ou parcial, no trânsito pedonal ou rodoviário.



Fig. 12 - Rua típica de Alfama - Imagem própria

A colocação de toldos, esplanadas, mesas, aparelhos exteriores de ar condicionado, rampas e estendais, são condicionantes à circulação de meios de socorro face a um acidente grave ou catástrofe.

Os acessos preenchidos por andaimes, estruturas de contenção ou coberturas provisórias em edifícios a reabilitar ou devolutos, contribuem para dificultar a circulação em caso de emergência.

Nos últimos 50 anos, o ordenamento da cidade de Lisboa esteve associado às condicionantes das características topográficas do território que, no caso de Alfama, por vezes acentuadas, foram promovendo a expansão da cidade para áreas de melhor acessibilidade (menos acidentadas). Alfama foi obrigada a desenvolver-se em direção

ao rio, uma vez que a história do bairro esteve sempre ligada ao mar e à pesca, sem nunca comprometer as suas características originais constituídas pelos becos sem saída e escadarias de acesso aos edifícios.

Os tipos de acessibilidades, objeto de análise na presente tese são as acessibilidades pedonais, a deslocação do peão em caso de necessidade de fuga e a circulação automóvel. Iremos identificar as zonas críticas de acesso, bem como os eventuais corredores de emergência.

3.4. Caraterização do solo

O conhecimento da natureza das rochas onde se pretende fazer a implantação dos alicerces, o estado de alteração dessas rochas e a eventual presença de fraturas ou falhas, condicionam a escolha do lugar onde deverão ser instaladas as fundações ou como fazer o reforço de fundações existente e qual o processo a aplicar.

Também na previsão de custos em obras de engenharia, como a preparação de fundações, é indispensável ter em conta os tipos e as propriedades mecânicas dos solos e das rochas com que nos iremos confrontar: a abertura duma passagem com trincheiras num granito não alterado, ou a realização de um trabalho idêntico numa formação arenítica pouco consolidada, resultarão em custos muito diferentes.

A eventual necessidade da consolidação de terreno ou da prevenção de abatimentos do mesmo implicará, certamente, encargos acrescidos.

Não ter em conta a natureza, a estrutura, a disposição do subsolo e o risco sísmico, acarreta, geralmente, grandes despesas adicionais para corrigir os erros cometidos e, muitas vezes, catástrofes com perda de vidas.

Relativamente ao risco sísmico, a localização e o estudo dos acidentes tectónicos que afetam a crosta – terrestre e, em especial, os mais recentes, com menos de 1,6 milhões de anos - ou seja os que atingem os terrenos quaternários (Neotectónica) - permite identificar as falhas ativas e definir zonas sísmicas com diferentes perigosidades.

A situação destes acidentes é assinalada nas Cartas Neotectónicas, o que possibilita a separação de áreas de desigual estabilidade crustal.

Deste modo, é viável minimizar o risco sísmico, programando a localização das obras ou o processo construtivo mais adequado e nas regiões mais estáveis, tendo em vista a segurança das populações e suas habitações.

O próprio conhecimento - dado pelas Cartas Geológicas e Geotécnicas - do tipo de rochas sobre que assentam, ou vão assentar, essas obras, torna possível a previsão do comportamento das fundações durante a propagação das vibrações sísmicas e a consequente tomada de medidas cautelares, nomeadamente projetando as estruturas adequadas para as construções e reconstruções.



Fig. 13 - Planta de localização das sondagens da área envolvente do Beco do Loureiro

Fonte: Extrato do estudo geológico e geotécnico da Tecnasol

Para uma melhor entendimento e conhecimento do subsolo e suas características, recorreu-se a um estudo geológico e geotécnico (Tecnasol, 2005), na área envolvente ao Beco do Loureiro, através de oito sondagens com a realização de ensaios de SPT (Fig. 13). Esta área é constituída por um terreno de formação em escarpa e que tem uma inclinação significativa que se desenvolve desde a Rua Guilherme Braga até à Rua da Regueira e onde se localizam diversos edifícios, alguns dos quais em avançado estado de degradação e outros em recuperação.

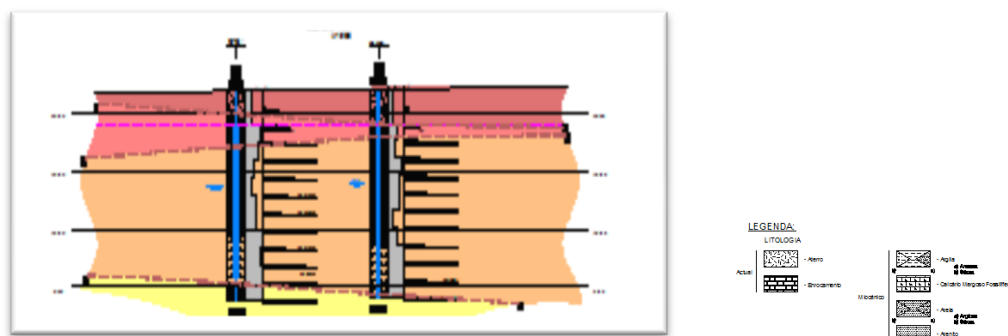


Fig. 14 - Corte das sondagens da área envolvente do Beco do Loureiro
 Fonte: Extrato do estudo geológico e geotécnico da Tecnasol

Da leitura do estudo Geológico e Geotécnico (Fig. 14) efetuado, verificou-se a existência de um solo essencialmente composto por aterros, talvez ainda provenientes dos escombros e detritos resultantes do sismo de 1755, dado que muitos dos edifícios reconstruídos na época, quase na sua totalidade, foram executados sobre aterros dos escombros, com extratos subsequentes compostos por argilas silto-arenosas, sendo que este terreno apresenta-se com fraca resistência mecânica.

Santos, Rebelo e Neto (2012), em escavações arqueológicas efetuadas, verificaram a inconsistência dos terrenos, sendo observadas diversas camadas de enchimentos horizontais e o solo encontrava-se coberto por uma espessa camada de entulhos constituída por argamassas, material de construção (nomeadamente tijolo e tijoleira), pedra de grandes dimensões, areão e até fragmentos de paredes ainda apresentando reboco nas faces.

Estes dados parecem indiciar que o derrube e desmonte das estruturas se terá dado num mesmo momento, sendo de registar que se encontrou uma moeda de Dona Maria Pia, datada de 1855, nos níveis superiores desta espessa camada de entulho, o que indica que o possível abandono deste espaço poderá ter-se dado em meados do século XIX.

Santos et al. (2012) referem que sobre esta camada encontra-se um estrato constituído por terra vegetal de superfície e sob ela a camada de despejo proveniente da forja.

A amplificação das ondas sísmicas à superfície, fenómeno designado por efeito de sítio, pode ser responsável pelo agravamento dos impactos estruturais e humanos em áreas em que existam formações superficiais pouco consolidadas. Quando as ondas sísmicas se propagam em depósitos pouco consolidados, nomeadamente os aluvionares ou aterros, ou em meios com irregularidades topográficas vincadas, podem existir fenómenos de amplificação das ondas sísmicas.

Tendo em consideração as características das formações superficiais da área de Alfama, será possível a existência de alguns fenómenos de efeito de sítio nesta área.

3.5. Incêndios urbanos

O Bairro de Alfama é maioritariamente urbanizado, exibindo um risco de incêndio significativo, devido aos materiais altamente inflamáveis e de fácil combustão existentes.

Esses materiais são maioritariamente compostos por estruturas de madeira, pavimentos e tetos de forro de madeira, caixilharia de madeira, isolamentos térmicos compostos por Poliestireno Expandido (esferovite), algerozes e tubos de queda em plásticos (PVC), revestimentos de pavimentos em linóleos e alcatifas.

É de salientar igualmente a existência de núcleos de habitações precárias com edificado em estado de elevada degradação, como por exemplo, os edifícios devolutos, os quais apresentam uma elevada vulnerabilidade ao incêndio, por acumulação de lixo e pela ocupação indevida de pessoas que pernoitam e vivem em condições desumanas. Estas situações foram identificadas durante o trabalho de campo referente ao levantamento das vulnerabilidades do edificado e das acessibilidades e introduzidas num Sistema de Informação Geográfica (SIG) (Fig. 15).

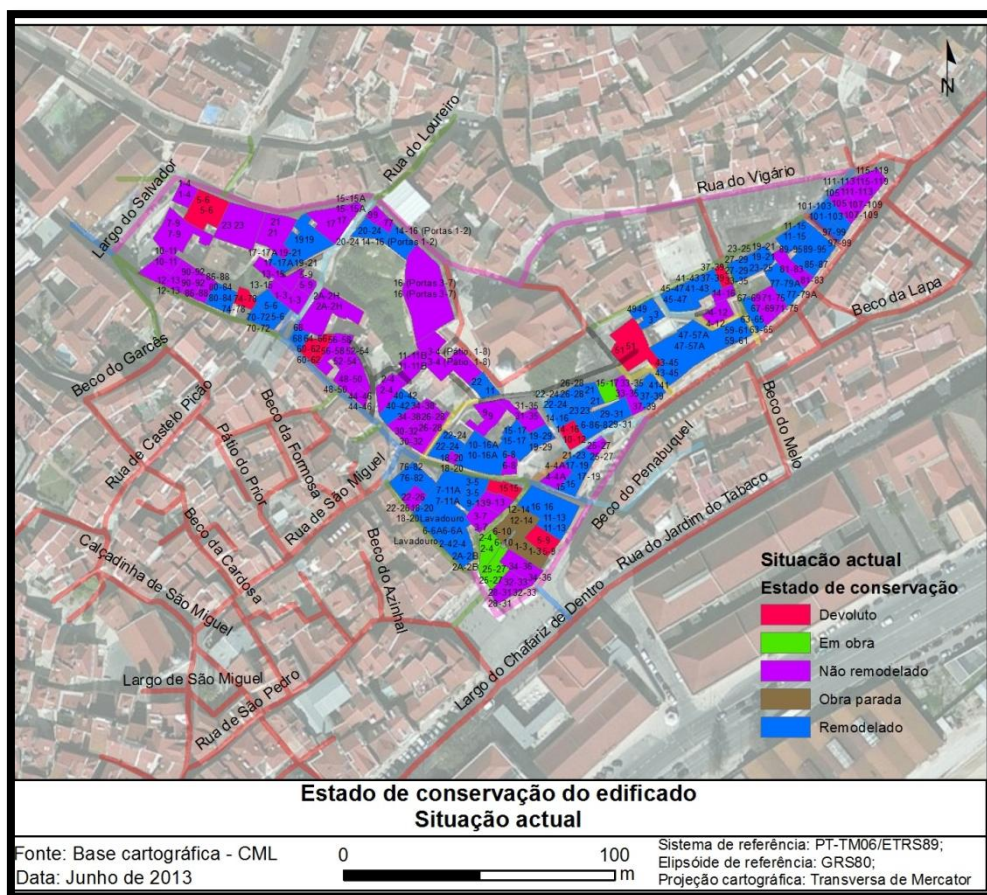


Fig. 15 -Estado de conservação atualizado

Os núcleos históricos contribuem em muito para o aumento da probabilidade de ocorrência de incêndios, visto o tipo de edificado e estado de conservação serem fatores preponderantes, em parceria com a proximidade entre os edifícios pelos perfis reduzidos dos arruamentos, criando por vezes dificuldades de acesso a viaturas de emergência.

Contudo, não há muitos incidentes, considerados grandes e graves, a registar em bairros históricos, conforme confirmação por parte da Secção de Prevenção do RSB – Regimento de Sapadores de Bombeiros de Lisboa.

No entanto, recuando a 25 de agosto de 1988, apenas há a registar um incêndio de grandes proporções, no centro da Baixa Chiado e que todos lembramos o caos e o horror do combate às chamas que demoraram cerca de 8h, onde o rescaldo durou até dia 5 de setembro, tendo estado envolvidos no combate às chamas 1680 bombeiros, tendo falecido no mesmo um Bombeiro do RSB – Regimento Sapadores de Bombeiros de Lisboa, a que ainda hoje os colegas lembram.

Em Alfama, estão localizados no perímetro de trabalho em estudo, cerca de 7 hidrantes exteriores fixos (Fig. 16), mais conhecido como marcos de incêndio, que têm como

função o enchimento de veículos de combate a incêndio, mas devido à dificuldade de acesso de veículos de socorro de grande porte, como é o caso dos veículos autotanques, é possível utilizar estes hidrantes com o recurso a chaves de marco, adaptadores de mangueiras, mangueiras e agulhetas de 50 milímetros e utilizá-los como ataque direto a um qualquer incêndio consequência de um sismo (secção de prevenção do Regimento de Sapadores de Bombeiros de Lisboa, comunicação pessoal, 9 de dezembro, 2013).

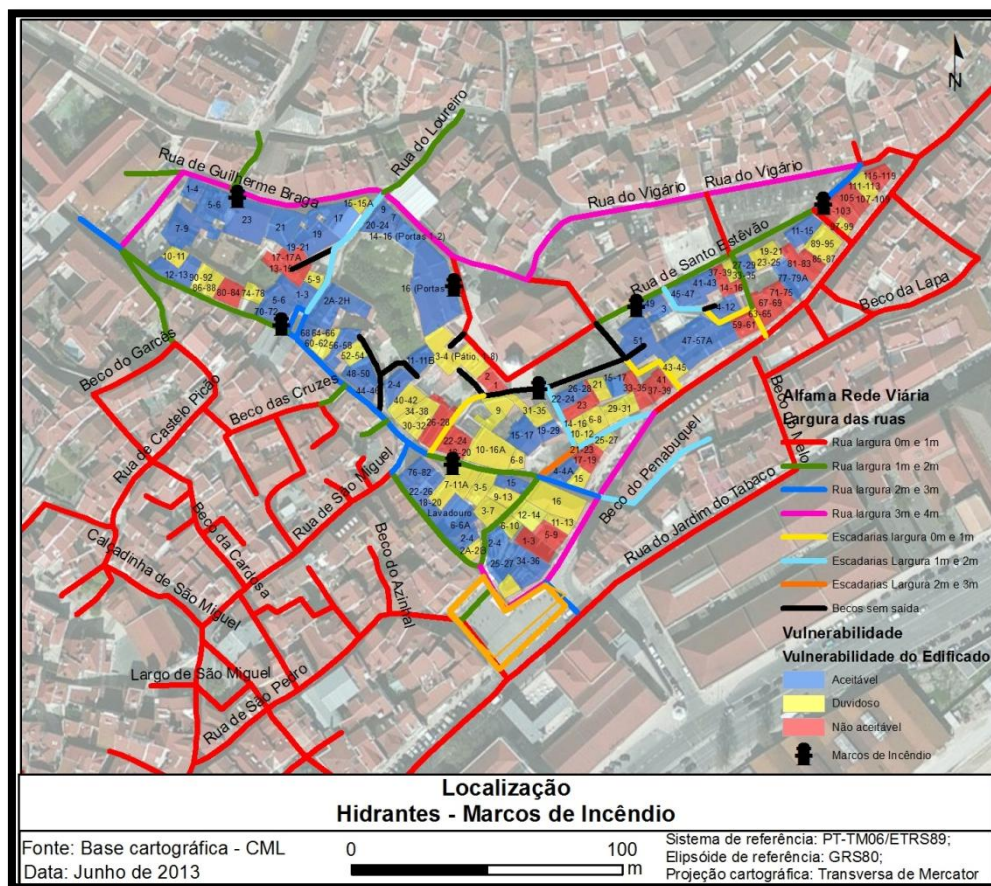


Fig. 16 - Localização de Hidrantes

Mas para além dos acessos e das dificuldades dos mesmos, existe um outro problema associado a este tipo de equipamento, que diz respeito ao seu funcionamento, à sua manutenção, à sua monitorização e à sua operacionalidade.

A manutenção deste tipo de rede tem de ser assegurada correndo-se o risco de se comprometer a sua operacionalidade durante o combate a incêndios urbanos.

Assiste-se a um fenómeno que tem a ver com os roubos de centenas de tampas dos marcos que são compostas por uma liga em alumínio. O preço de custo destas tampas, para o RSB – Regimento de Sapadores de Bombeiros de Lisboa, ronda os 24,00 euros, o que implica um enorme prejuízo e uma dificuldade acrescida para a manutenção da

rede.

A rede pública de abastecimento de água da cidade de Lisboa tem uma pressão de cerca de 3 a 4 Kg/m³, o que é insuficiente para um bom desempenho das agulhetas, uma vez que uma agulheta com 50 mm precisa de uma pressão de 4 a 6 Kg/m³ para funcionar bem.

No entanto, em caso de necessidade, a EPAL – Empresa Pública das Águas de Lisboa pode proceder a um aumento de pressão para a área em causa, mas coloca-se a questão da resistência da rede de distribuição, ou não, a um aumento de pressão.

Não existe para esta área um plano de prevenção e de inspeções à rede de hidrantes nem a realização de simulacros para testar a operacionalidade do combate a incêndios urbanos decorrentes da ação sísmica.

Para colmatar as características das redes viárias e das vulnerabilidades associadas aos meios de combate a incêndios urbanos existentes no local, existe no mercado um imenso número de soluções (Fig. 17 e Fig. 18) que poderão ser adotadas e adaptadas às características de um Bairro Histórico.

VLCI 300 Land Rover Defender 130 LDKHS8

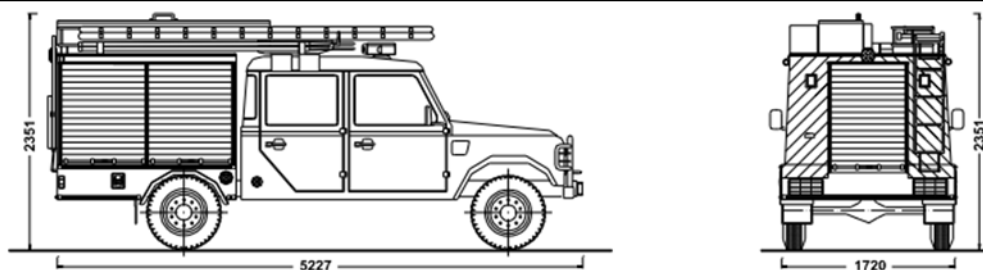


Fig. 17 - Veículo de socorro de dimensão reduzida

Fonte: Jacinto (2013)

VLCI 400 Kawasaki Mule 2510



Fig. 18 - Veículo de socorro de dimensão reduzida

Fonte: Jacinto (2013)

4. Zonas sismogénicas e comportamento da área de estudo face ao risco sísmico

Portugal, no contexto da tectónica de placas, situa-se na placa Euro-Asiática, limitada a sul pela falha Açores-Gibraltar (FAG), que corresponde à fronteira entre as placas euro-asiática, africana e a oeste pela falha dorsal do Oceano Atlântico (Fig. 19).

Neste contexto e tendo em conta a sismicidade histórica, o território português constitui uma zona de risco sísmico significativo.

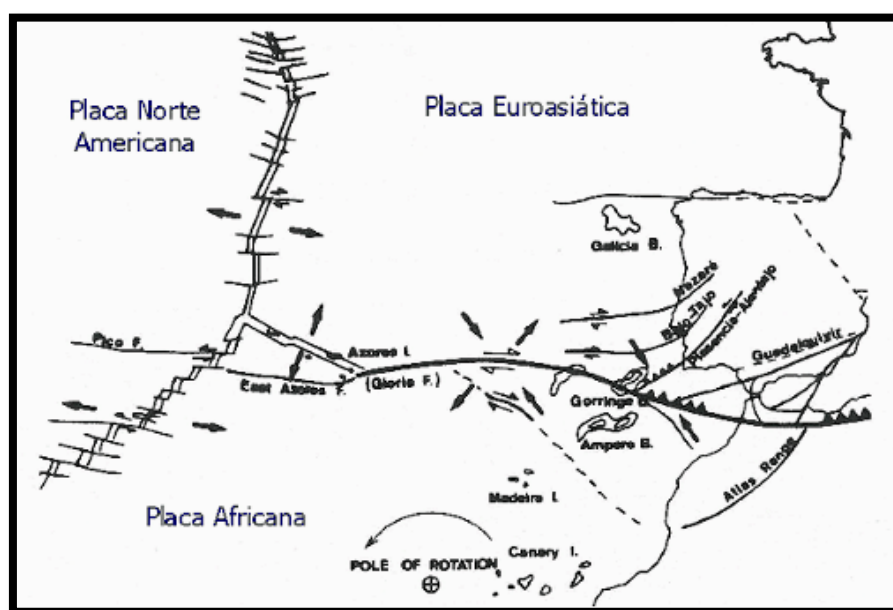


Fig. 19 - Localização de Portugal na placa euro-asiática

Fonte: <http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/tectonica.html>

Os sismos correspondem a vibrações das rochas devido à passagem de ondas sísmicas que podem causar grandes danos nas estruturas.

A existência de rutura superficial cossísmica da falha pode provocar fenómenos de subsidência ou de levantamentos, de liquefacção e escorregamentos de terreno induzidos.

Segundo Cabral (2003), as ondas sísmicas e os outros fenómenos associados representam um importante perigo geológico que consiste na probabilidade de ocorrência de um processo potencialmente danoso (por exemplo, um sismo) numa determinada área e num certo período de tempo sísmico.

Portugal Continental tem sofrido, ao longo do tempo, as consequências de sismos de magnitude moderada a forte, que resultaram muitas vezes em danos importantes em várias cidades e vilas do país

O sismo de 1 de Novembro de 1755 foi um dos mais destruidores, com uma magnitude aproximada de 8.75, e foi o resultado da libertação das tensões acumuladas entre placas.

A localização do seu epicentro continua incerta: inicialmente apontava-se para uma zona junto ao Banco de Gorringe, atualmente coloca-se o epicentro mais junto à costa, na Falha Marquês de Pombal.

A carta das isossistas máximas (Fig. 20) observadas até à atualidade, permite-nos concluir que o risco sísmico no continente é elevado: as maiores concentrações demográficas situam-se no seu litoral, precisamente nas áreas de maiores intensidades sísmicas observadas.

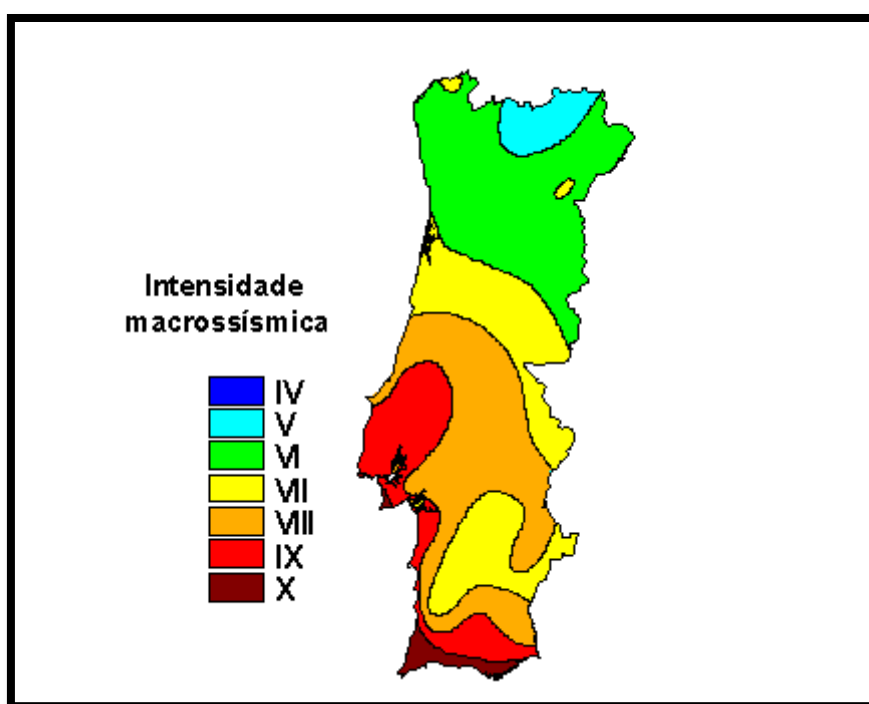


Fig. 20 - Carta de Isossista máximas

Fonte: <http://www.meteo.pt/sismologia/sismologia.html>

A sismicidade do território português é dividida, segundo o RSA – Regulamento de Segurança e Ações, em 4 zonas definidas por ordem decrescente de importância A, B, C e D (Fig. 21).

Note-se que segundo o RSA é necessário considerar a ação dos sismos nas estruturas, qualquer que seja a zona do território português onde se localize a construção.

As vibrações que ocorrem no solo quando se verifica um sismo são transmitidas aos edifícios, resultando daí um conjunto de forças para a estrutura que depende de vários fatores, tais como:

- da sismicidade da zona onde se verifica a construção;
- das características geológicas do terreno de fundação;
- das características dinâmicas da estrutura.



Fig. 21 - Sismicidade do território português
Fonte: RSA – Regulamento de Segurança e Ações

Na carta de intensidades máximas (Fig. 22) referente a um cenário sísmico com magnitude 7 e epicentro no Vale Inferior do Tejo, é possível visualizar a distribuição de intensidades no concelho de Lisboa.

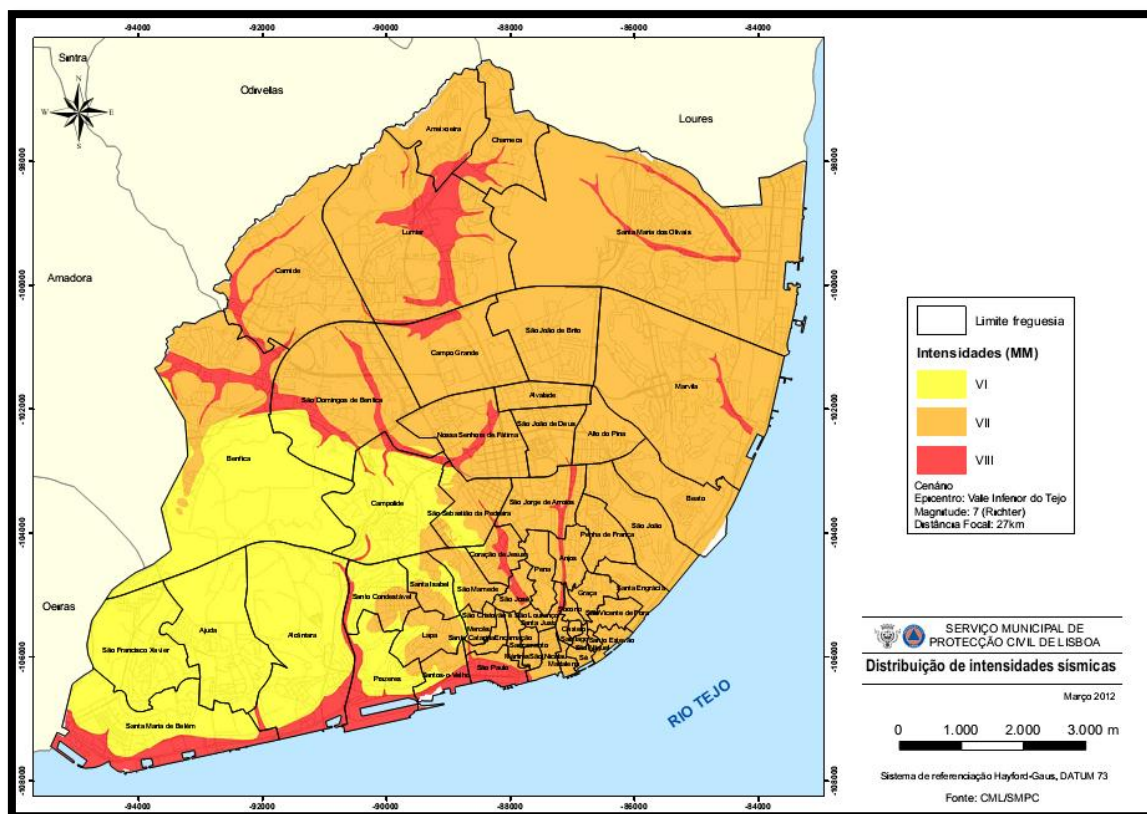


Fig. 22 - Distribuição de intensidades no concelho de Lisboa

Fonte: <http://www.cmlisboa.pt>

/fileadmin/VIVER/Seguranca/Protecao_Civil/ficheiros/Distribuicao_intensidades_sismicasVIT_7.pdf

Verifica-se que a área de estudo se encontra afetada, para este cenário, por áreas de Intensidade VII.

As intensidades previstas com base no cenário considerado caracterizam-se por “Transeuntes têm dificuldade em se deslocar, há fendas nos edifícios, tijolos e mosaicos caem; sinos grandes tocam” – Intensidade VII (Fig. 23).

I	Vibrações só registadas por instrumentos.
II	Pessoas em repouso em andares altos sentem o tremor.
III	Sentido por algumas pessoas no interior das habitações; objectos pendurados baloiçam.
IV	Perceptível por quase todas as pessoas no interior das habitações; vidros e louças tilintam.
V	Perceptível no exterior; pessoas acordam; caem pequenos objectos.
VI	As pessoas saem para a rua; os móveis deslocam-se; caem estuques e as alvenarias de má qualidade fendilham.
VII	Transeuntes têm dificuldade em se deslocar; há fendas nos edifícios, tijolos e mosaicos caem; sinos grandes tocam.
VIII	Condução automóvel é afectada; há colapsos parciais de edifícios de má qualidade e fendas no solo.
IX	Danos consideráveis em todo o edificado; areia e lama brotam do solo.
X	Destruição da maioria dos edifícios; grandes desabamentos de terras.
XI	Carris ferroviários dobram; estradas abrem fendas; canalizações subterrâneas ficam muito danificadas.
XII	Destruição total; topografia alterada.

Fig. 23 - Carta de distribuição de intensidades

Fonte: [http://www.cm-](http://www.cm-lisboa.pt/fileadmin/VIVER/Seguranca/Protecao_Civil/ficheiros/ESCALA_MERCALLI.jpg)

[lisboa.pt/fileadmin/VIVER/Seguranca/Protecao_Civil/ficheiros/ESCALA_MERCALLI.jpg](http://www.cm-lisboa.pt/fileadmin/VIVER/Seguranca/Protecao_Civil/ficheiros/ESCALA_MERCALLI.jpg)

A análise da distribuição das intensidades dessa carta mostra a existência de contrastes no interior da cidade, resultantes do comportamento sísmico dos diferentes tipos de formações geológicas superficiais, ou seja:

- A zona ocidental da cidade regista, em média, menores intensidades do que a zona oriental;
- Baixa e colinas circundantes apresentam, em geral, intensidades um pouco superiores;
- A zona ribeirinha ocidental e os vales que correspondem às antigas linhas de água registam intensidades ainda mais elevadas.

5. Metodologia de análise

A metodologia utilizada no desenvolvimento da tese teve por base um exaustivo trabalho de campo, que permitiu a identificação das patologias existentes ao nível do edificado, das limitações dos acessos e respetivas condicionantes, bem como da vulnerabilidade social dos residentes de Alfama.

Os levantamentos realizados junto dos edifícios permitiram a realização de uma análise comportamental destas estruturas face a solicitações sísmicas com o recurso a *software* apropriado, sendo posteriormente possível sua classificação quanto ao grau de vulnerabilidade.

Através de medições no terreno foram identificadas as vias mais vulneráveis à entrada e saída de viaturas: (i) pela sua própria geometria, (ii) por terem larguras muito pequenas, (iii) pela existência de escadas e de becos sem saída.

Este estudo permitiu ainda a identificação de vias que poderão ser consideradas como corredores de emergência e permitir assim um socorro mais rápido e eficaz.

Paralelamente foram identificados os indivíduos mais vulneráveis, quer pelo seu grau de mobilidade, quer pela sua situação social, através da elaboração de um inquérito.

Foi avaliado a composição do agregado familiar, o seu perfil socioeconómico e faixa etária e, com recurso a uma análise multicritério, foi possível elaborar uma classificação quanto ao grau de vulnerabilidade social dos indivíduos residentes na nossa área de estudo (Fig. 24).

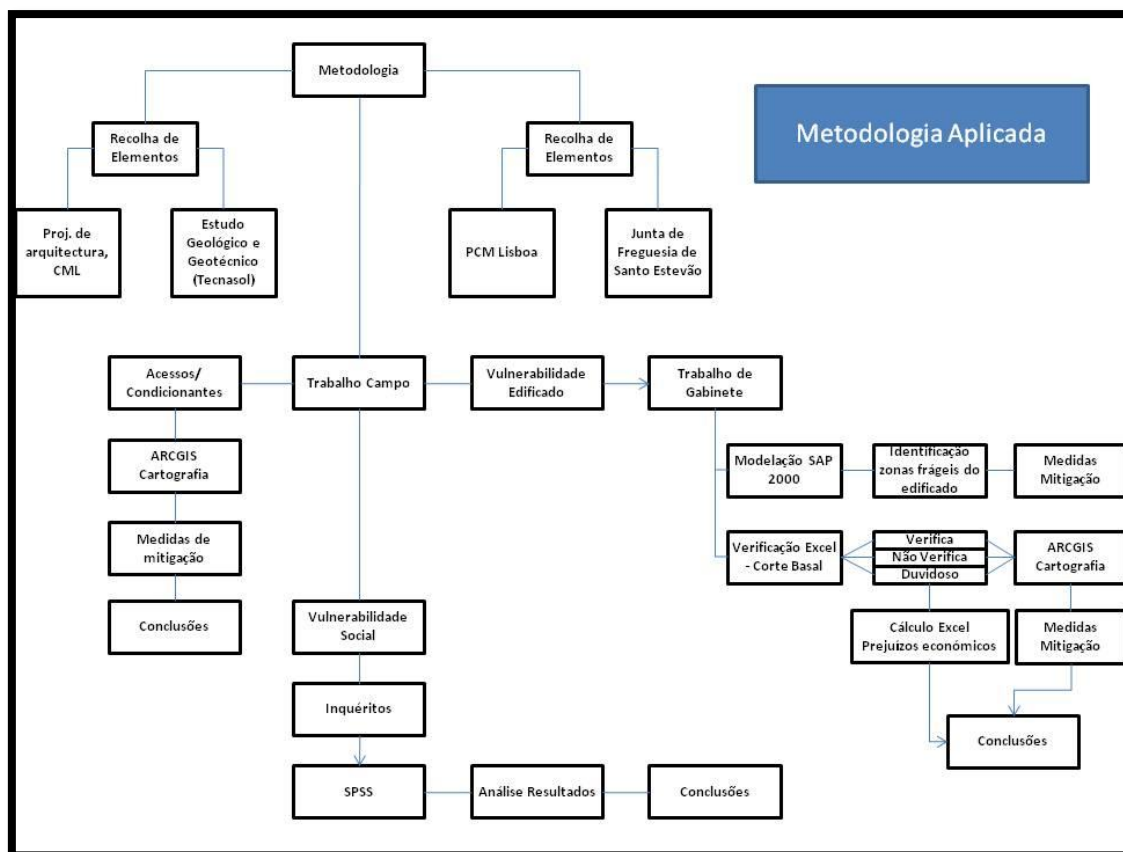


Fig. 24 - Metodologia aplicada

5.1. Levantamentos de dados no terreno

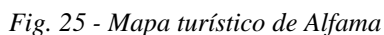
Segundo Lourenço e Oliveira (2004), devem ser utilizados um conjunto de princípios na avaliação da segurança de estruturas antigas, nomeadamente, quanto às estruturas que compõem todo o património e sua história, sendo que as diferentes fases poderão ser comparadas às utilizadas em Medicina, que engloba:

- Análise, através da observação do estado do edifício;
- Diagnóstico, através da identificação das causas das patologias;
- Terapia, através da seleção das ações a aplicar de forma a consolidar a estrutura;
- Controlo, com a monitorização da eficiência das técnicas aplicadas ao longo do tempo.

Na posse de todos os dados atrás referidos, é possível a compreensão da resistência estrutural de cada edifício e do seu comportamento à implementação de novas técnicas e materiais, necessárias para a conservação e restauro do edificado urbano antigo.

O trabalho de campo, que decorreu em junho de 2013 durante 30 dias, consistiu na caracterização e classificação de 120 edifícios, por observação exterior, e inquirição de

Foram também identificadas as condicionantes existentes no terreno no que diz respeito às vulnerabilidades da rede viária (Fig. 25).



Para se caracterizar o estado de conservação do edificado, suas anomalias, patologias, condicionantes no terreno e a vulnerabilidade social do perímetro de estudo, foi elaborada uma *check list* (Anexo I) onde se registou, com recurso a fotografias, as características estruturais mais relevantes e as alterações que as mesmas foram sofrendo ao longo dos tempos.

- tipo de cobertura (estrutura em madeira e telha, inclinada ou plana);
- altura do edifício e número de pisos;
- espessura das paredes das fachadas e empenas;
- tipologia estrutural periférica (alvenaria de pedra com andar de ressalto ou não, estrutura nova de betão armado, alvenaria de pedra com cantarias de palmo ou não);
- tipo de estrutura (de madeira, mista, betão armada ou outras);

- vãos de alumínio, madeira, pvc ou ferro;
- patologias verificadas que englobavam assentamento de fundações, deformação ou desagregação da cobertura, fissura localizada com sinais de esmagamento, retração do revestimento, corrosão dos elementos metálicos, reação aos sais (salitre), retração do suporte, colapso da cobertura, colonização de herbáceas, desagregação de revestimentos, desagregação de beirados e fraturas de cantarias.

Antes da sua utilização foi considerada uma fase preliminar de dois dias com a sua utilização no terreno de modo a testar a sua aplicabilidade.

Foi necessário implementar algumas correções decorrentes desta fase de teste, nomeadamente a redução do perímetro inicial de intervenção para metade dos edifícios e seus acessos, em virtude de condicionalismos temporais.

Incluíram-se alguns elementos importantes para a identificação do processo construtivo e das vulnerabilidades que os edifícios podiam apresentar.

5.1.1. Vulnerabilidade do edificado

Toda a construção em Alfama é constituída por alvenaria de pedra nas suas paredes periféricas e, enquanto técnica construtiva, tem sofrido ao longo dos anos uma série de transformações, tanto na sua utilização como nas suas propriedades físicas e mecânicas.

Do ponto de vista do comportamento sísmico das alvenarias com funções estruturais, esta solução construtiva era a que apresentava melhores resultados ao sismo, até ao aparecimento de novas técnicas, tais como o betão armado.

No presente trabalho a definição de vulnerabilidade sísmica, pode-se caraterizar pela capacidade de resposta de um edifício, ou conjunto de edifícios, relativos aos diferentes sismos, seja esta medida através de parâmetros mecânicos ou de danos sofridos.

A perda de vidas humanas em Alfama face à ocorrência de sismos com caraterísticas destruidoras está relacionada com as vulnerabilidades das estruturas. É importante, como veremos mais adiante, conceber e implementar políticas preventivas do colapso das estruturas face às vulnerabilidades identificadas, um dos objetivos deste trabalho.

Segundo Vicente (2008), a degradação do edificado, que se apresenta como uma vulnerabilidade identificada, não se deve apenas às pedras das alvenarias, mas também às argamassas e à sua má constituição.

Quanto ao estado de conservação e identificação de patologias realizadas no terreno e

com base na *check list*, foi elaborada uma base de dados (Anexo II) onde, de forma reduzida, se apresentam as características de cada edifício, registo fotográfico, proporcionalidade entre área de vazios e área de alvenaria nas fachadas, bem como a identificação das suas vulnerabilidades.

Esta informação foi georreferenciada com o recurso a um Sistema de Informação Geográfica (SIG) que constitui uma ferramenta fundamental na avaliação de risco sísmico e na gestão do edificado.

D'Ayala, Spence, Oliveira e Pomonis, (1997), apresentam uma metodologia de análise de danos em edifícios face à ocorrência de sismos, que se aplica ao estudo em larga escala do comportamento sísmico dos edifícios de alvenaria. Esta metodologia foi aplicada pela primeira vez em dois casos de estudo em Alfama, e mais tarde, em Umbria-Marche, Itália. Aborda a análise das características estruturais dos edifícios e desenvolve-se através da recolha rápida de informação acerca das características exteriores do edifício.

Este método aplica-se a construções para as quais existe informação precisa acerca da geometria, tecnologia construtiva e materiais dos edifícios a estudar.

No presente estudo aplicou-se esta metodologia a 5 edifícios e daí extrapolaram-se os resultados obtidos para os restantes, tendo em conta as suas características.

5.1.2. Social: níveis sociais, mobilidade e agregado familiar

Alfama é composta por uma área aproximadamente de 26 hectares, em que Santo Estêvão ocupa 21 ha e São Miguel 5 ha. No entanto, a área de estudo tem uma área de cerca de 1,5 ha e pertence à Junta de Freguesia de Santo Estêvão.

Neste levantamento foram identificadas as faixas etárias de cerca de 162 indivíduos, a sua atividade profissional, a composição do agregado familiar, as suas habilitações literárias e as respetivas limitações em termos de mobilidade física, com o objetivo final de se concluir, cruzando com os edifícios onde a probabilidade de colapsar é elevada, onde será necessário uma medida mais urgente e rápida de socorro, num cenário de sismo.

A avaliação da vulnerabilidade social é considerada como um fator chave para um efetivo processo de redução do risco, bem como para a promoção de uma cultura resiliente.

A identificação dos problemas sociais, das limitações em termos de mobilidade, do agregado familiar efetivo de cada edifício, do nível de escolaridade, estado civil, faixa etária, agregado familiar, atividade profissional, posse de viatura própria ou não, baseou-se num questionário que avalia a vulnerabilidade social integrante da parte final da *check list* criada para o edificado (Anexo I).

A realização do inquérito aos habitantes apresentou algumas dificuldades, relacionadas designadamente com a falta de segurança com que a população convive hoje em dia, com receios de burlas e assaltos, traduzindo-se na ausência de disponibilidade para colaboração.

Solicitou-se a intervenção da Junta de Freguesia de Santo Estevão junto da população de modo a criar uma melhor colaboração nas respostas ao questionário, o que se traduziu num aumento do número de respostas.

Outro obstáculo na obtenção de dados foi o facto de muitos dos apartamentos existentes serem alugados de forma semanal por diferentes turistas e, como tal, nestes casos essa avaliação rigorosa não poderia ser feita.

5.1.3. Rede viária e pedonal

O andar a pé é uma necessidade do ser humano, mas para que tal aconteça há que haver a facilidade de acesso. Foi realizada uma caracterização das vulnerabilidades face ao risco sísmico dessas mesmas acessibilidades, quer pedonais, quer rodoviárias, tendo em consideração a importância da circulação rodoviária por parte das viaturas das forças de socorro.

Para tal foi observado e analisado cada via da área de estudo durante o trabalho de campo, sendo estas posteriormente classificadas mediante as suas larguras, e quanto às suas vulnerabilidades.

Na representação cartográfica das vias utilizaram-se as seguintes características:

- Becos sem saída, os quais foram identificados como caminhos críticos, pelo facto de não existir qualquer saída de emergência.
- Ruas com largura inferior a 1 metro, o que inviabiliza logo a circulação rodoviária e dificulta a fuga em caso de emergência.
- Ruas cujas larguras variam entre 1 e 2 metros o que também inviabiliza a circulação rodoviária.

- Ruas com larguras entre 2 e 3 metros, não existindo qualquer impedimento, por exemplo, carros estacionados, que poderão vir a ser consideradas vias de emergência.
- Escadarias com largura inferior a 1 metro, sendo estas muito difíceis para uma fuga em caso de emergência.
- Ruas com larguras entre 3 e 4 metros onde é possível a circulação rodoviária.

Criou-se um critério de classificação das vulnerabilidades viárias de acordo com a Tabela 8.

Tabela 8 - Matriz de classificação das vias

Caraterísticas das vias		Um edifício ou mais não aceitável	Um edifício ou mais duvidoso	Todos os edifícios aceitáveis
	0-1 Metros	Elevada	Elevada	Moderada
	1-2 Metros	Elevada	Elevada	Moderada
	2-3 Metros	Elevada	Moderada	Baixa
	3-4 Metros	Moderada	Moderada	Baixa
	Escadarias	Elevada	Elevada	Moderada
	Becos	Elevada	Elevada	Moderada

A identificação de condicionantes na circulação viária e pedonal foi realizada por observação “*in situ*” das estruturas criadas pelos moradores, pelo comércio e pela própria autarquia que dificultam a circulação rodoviária e pedonal.

Estas condicionantes foram identificadas com recurso à *check list* (Anexo I) e foram registadas fotograficamente (Fig. 26 e Fig. 26) e consistem em:

- Esplanadas de restaurantes e cafés, implantadas em zonas estreitas e sem caminhos de fugas, sem qualquer cuidado nem critério.
- Toldos e aparelhos de ar condicionado nas fachadas dos edifícios em espaços comerciais.
- Rampas e degraus criados pelos moradores, muitas vezes por necessidade de mobilidade física.
- Pins de pedra, que têm o objetivo de proteger as paredes e consequentemente os carros, de forma a que estes não batam nas mesmas.
- Estruturas de contenção, de coberturas, de colocação provisórias mas que por vezes se tornam definitivas e andaimes no âmbito da reabilitação urbana.

Estas estruturas são permitidas pela autarquia e muitas das vezes torna-se definitiva através de compra das mesmas por tempo indeterminado, aos empreiteiros.



Localização:	Escadinhas Sto. Estevão	Rua da Regueira	Rua Sto. Estevão
Tipo de condicionante:	Cobertura Provisória	Andaime e tapume de estaleiro	Andaime em túnel
Condicionante:	Largura Escada: 2,00	Estruturas Provisórias	Andaimes

Fig. 26 - Condicionantes no terreno

Fonte: Imagem própria



Localização:	Beco do Mexias	Rua da Regueira	Beco Espírito Santo
Tipo de condicionante:	Rua estreita, apenas acesso pedonal	Pins em pedra, a diminuir a largura	Toldos e aparelho de Ar Cond.
Condicionante:	Larg. Via: 1,30/1,50	Pins de pedra	Toldos e aparelhos AVAC

Fig. 27 - Condicionantes no terreno

Fonte: Imagem própria

Durante o trabalho de campo, realizado ao longo das vias, becos e vielas, registaram-se algumas das suas características com o recurso a fotografias, mediram-se as suas larguras com fita métrica e registaram-se todos os obstáculos existentes que deu lugar à classificação das vias.

Pode-se apelidar de “teia” o emaranhado de ruas, becos, ruelas e escadinhas que constituem o bairro de Alfama.

Este é um tema que se apresenta preocupante e é urgente analisar e refletir sobre algumas medidas a serem adotadas para minimizar as condicionantes atrás referidas.

Alfama é conhecida pela sua forma de viver na rua e o seu percurso pelas diferentes

épocas apenas tem mudado nos personagens, continuando a vivência e a paisagem igual a si própria.

Suas gentes estão habituadas a viver na rua, o peixe vende-se na rua, as hortaliças e frutas têm a sua banca na rua, os idosos passam o tempo na rua, as crianças brincam na rua, as esplanadas são improvisadas na rua e os turistas passeiam pelas ruas em ondas de multidões com as chegadas dos navios de cruzeiros que traz para a cidade um novo ritmo.

Mas as ruas continuam com as suas características muito próprias, os becos continuam becos e as infinitas escadarias que ligam os edifícios e as gentes, com tudo isto ainda se misturam as mesas, as cadeiras, os chapéus-de-sol, os toldos, os estendais, os aparelhos de ar condicionado, os marcos em pedra para não riscar o carro, os degraus e as rampas improvisadas e, por fim, as provisórias/definitivas estruturas consequência de uma reabilitação que teima em demorar.

Será necessário, neste tipo de cenário, um bom conhecimento do local por parte das equipas de socorro, desenvolver iniciativas ligadas a simulacros que envolvam toda a população residente e organizar equipas de voluntários que se tornarão rapidamente, em cenário de catástrofe, em equipas de 1.^a intervenção numa operação de socorro (equipas que conhecem bem o local, as pessoas e suas condições físicas).

Pela observação dos resultados quanto ao local onde estão implantadas as esplanadas, podemos concluir que, num colapso de estruturas durante um sismo, as esplanadas (Fig. 28) irão provocar obstrução na circulação pedonal da população residente e presente, bem como das forças de socorro.

É, por exemplo, o caso da esplanada localizada no Beco do Alfurje - que está assinalada no mapa como sendo um beco sem saída -, e que se estendeu para o interior do pátio onde não existe caminho de evacuação e onde os acessos são muito estreitos.

Pelo trabalho de campo que foi elaborado, foram identificadas como vias de acesso/corredor de emergência, pelas suas características, a Rua Guilherme Braga e a Rua dos Remédios, por serem ruas de maior largura, onde não existe estacionamento sem regras, sendo que estas vias vão dar a zonas de maior fluidez de tráfego, neste caso, ao Largo Chafariz de Dentro, área ampla e muito próxima da via junto ao rio.

Note-se, contudo, que no âmbito desta tese não foram analisados os edifícios localizados no lado oposto das ruas consideradas como corredores de emergência.

Na Fig. 29 estão representados os caminhos de fuga a serem utilizados a partir do Largo Chafariz de Dentro, sendo assinalado na nossa planta de acessibilidades como sendo um dos corredores de emergência.

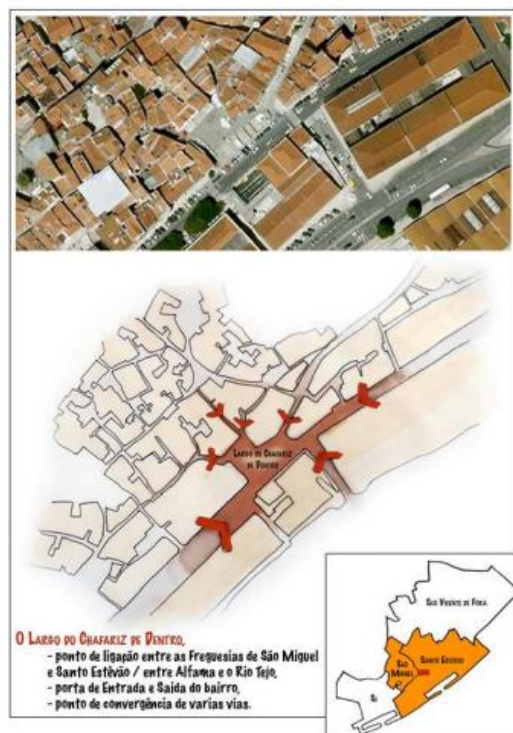


Fig. 29 - Indicação de caminhos de fuga

Fonte: Imagem criada pela Arq. Khadija Benis – Tese de Dissertação Estudos urbanos em regiões Mediterrâneas

5.2. Modulação do comportamento dos edifícios

A modulação do comportamento de um edifício engloba diferentes fases, sendo estas compostas por:

- Análise das estruturas, que inclui um conhecimento relativamente ao edifício em estudo quanto à sua geometria, altura, número de pisos, cotas entre pisos, número de vãos e suas dimensões, espessura das paredes periféricas e ortogonais

interiores e comprimento das fachadas e das empenas.

- Conhecimento sobre a composição do solo, mediante a consulta de estudos geológicos e geotécnicos e com recurso a sondagens no local, para assim serem definidos os coeficientes a serem adotados.
- Consideração das ações, neste caso (i) CP – cargas permanentes, (ii) SC – sobre cargas e (iii) RCP – restantes cargas permanentes, e que vêm descritas no RSA – Regulamento de Segurança e Ações.
- Definição das ações permanentes, ações variáveis, ações sísmicas, materiais, estados limites últimos e fundações.

Após recolha de todos estes elementos, foi efetuada a análise do comportamento do edifício com recurso ao *software* SAP2000.

5.2.1. Análises estruturais

Nos centros históricos, a evolução da malha urbana, pelo crescimento do edificado em banda ao longo dos anos e até mesmo pelo critério construtivo adotado na reconstrução pós-terramoto, tem as suas consequências, quer em termos estruturais, quer ao nível do comportamento sísmico.

Os edifícios em banda normalmente apresentam problemas de ligação das paredes de fachadas às paredes ortogonais já existentes, assim como às paredes com edifícios contíguos.

Com o avanço da tecnologia e a evolução de sistemas informáticos é possível hoje em dia recorrer-se a programas de cálculo automático como o SAP2000 que têm como objetivo modelar a estrutura através de métodos numéricos, num curto espaço de tempo, o que não era possível há uns anos atrás.

Este avanço permitiu que o cálculo automático fosse uma ferramenta e um aliado muito importante no dimensionamento de estruturas.

Mas é de alertar para o facto de existir uma necessidade imperativa de se analisar e interpretar de forma crítica os resultados.

Conforme a metodologia preconizada, o trabalho de análise estrutural do edificado urbano foi efetuado com recurso ao *software* de cálculo automático - SAP2000 e de acordo com alguns procedimentos utilizados pelo gabinete de projetos A2P na zona de estudo.

Para se proceder à análise das estruturas com recurso ao SAP2000 houve necessidade de recolher toda a informação necessária durante o trabalho de campo, nomeadamente:

- configuração geométrica;
- número de pisos;
- cotas altimétricas;
- localização e número de vãos, bem como as suas dimensões;
- dimensões de fachadas e empenas.

Com base nesta informação é então possível modelar o comportamento do edifício e analisar os resultados, concluir quais as suas zonas frágeis e sugerir medidas de mitigação de forma a tornar o edifício resistente a solicitações a que está sujeito diariamente ou perante um cenário de sismo.

Recorreu-se, para esta modelação sobre o comportamento do edificado, ao modelo utilizado pelo gabinete de Projeto A2P, através do *software* SAP2000, dado que este gabinete tem como *curriculum* a execução da maior parte dos projetos de reabilitação dos edifícios em bairros históricos e, utilizando os mesmos dados, modulou-se o comportamento de 5 edifícios cujos projetos de Arquitetura foram dispensados pela Câmara Municipal de Lisboa, em suporte digital, através do programa Autocad.

Numa primeira abordagem quanto aos coeficientes adotados, neste caso, relativamente ao tipo de solo que existe no Bairro de Alfama, recorreu-se a um estudo geológico e geotécnico (Tecnasol, 2005), onde estão identificados os diferentes extratos de subsolo existentes na área.

Considerámos no nosso estudo um modelo em que a fundação é apoiada em solo argiloso rijo.

A modulação dos edifícios realizou-se tendo em atenção os materiais existentes neste tipo de construção e sua tipologia e mediante estes critérios analisamos o comportamento dos edifícios à tração e à compressão, sabendo à partida que a alvenaria de pedra que compõe as paredes periféricas não tem bons comportamentos à tração.

Na primeira fase, o edifício foi modelado tridimensionalmente através de elementos finitos de comportamento elástico linear, permitindo assim realizar um estudo global do edifício relativamente à ação sísmica.

Houve a preocupação de se utilizar uma metodologia simplificada e prática que permitisse a extrapolação dos resultados para os restantes edifícios, em virtude do estudo se apoiar apenas – nos 5 projetos completos de arquitetura existentes para a área de estudo.

Numa segunda fase da modelação, o modelo numérico tridimensional foi transposto para um modelo plano de elementos finitos de barra, com rótulos de comportamento não linear, que representa a fachada principal do edifício, e assim permitir perceber as eventuais deficiências estruturais da fachada.

A estrutura dos edifícios em estudo é constituída essencialmente por elementos verticais - as paredes periféricas, em alvenaria de pedra com cerca de 0,50-0,60 metros de espessura e as paredes interiores em frontal e tabique - e por elementos horizontais em madeira, pavimento em vigamento em madeira de secção 16×8 centímetros, com afastamentos entre si de 0,50 metros.

Foi ainda necessário configurar o modelo relativamente às ações, mediante o edificado em causa e suas características.

Durante a modelação foram sendo adotadas algumas simplificações e hipóteses de forma a tentar uma boa aproximação entre o modelo e a realidade.

Considerou-se uma baixa rigidez de flexão nos elementos finitos que simulam as paredes, também devido à baixa resistência à tração que as paredes apresentam o que faz com que estas não apresentem capacidade para absorver os momentos atuantes.

Também se assumiu que as lajes (vigas de madeira) funcionariam segundo a sua menor direção.

Para isso, recorreu-se às normas e regulamentos em vigor para o efeito, nomeadamente o RSA – Regulamento de Segurança e Ações e Gomes, A. & Vinagre, J. (1997).

Recorreu-se igualmente ao método do cálculo do corte basal cujo objetivo tem a ver com a verificação das forças de corte basal das paredes resistentes que correspondem às resultantes forças laterais que vão atuar na base da estrutura em resposta aos deslocamentos que a ação sísmica impõe.

Estas forças dependem não só do sismo e das componentes que o caracterizam, mas também das massas acima do solo, ou seja, das forças gravíticas que vibram, e também da frequência fundamental do edifício.

Ora como parte do edifício se apresenta enterrado e sem influência na ação sísmica, apenas se consideram para as forças de corte basal as forças gravíticas acima do piso da cota de soleira.

Estas forças são essencialmente constituídas pelo peso próprio da estrutura (PP), restantes cargas permanentes (RCP) e apenas uma pequena percentagem por sobrecargas (SC).

5.2.2. Ações

As ações consideradas para a análise da segurança dos edifícios foram as cargas permanentes (CP), as sobrecargas (SC), as restantes cargas permanentes (RCP), os ventos e os sismos. No entanto, todas estas ações têm um caráter aleatório e quem as analisa não pode mais do que admitir valores para uma certa probabilidade de ocorrência.

No que respeita à ação dos sismos, vento e sobrecargas, o RSA define as ações a considerar.

Quanto às restantes cargas permanentes, foi necessário estimar valores, recorrendo-se a Farinha, Reis e Farinha (2010).

5.2.3. Ações permanentes

Ações Permanentes – são ações que assumem valores constantes, ou com pequena variação em torno do seu valor médio, durante toda ou praticamente toda a vida da estrutura (Reis, 2001).

Estas ações incluem o peso próprio dos elementos estruturais e não estruturais, o peso dos equipamentos fixos e impulsos do solo.

Para além do peso próprio dos elementos estruturais e não estruturais também se considerou as seguintes ações (Reis, 2001):

- Peso dos revestimentos (pisos correntes) 1,50kN/m²
- Peso das paredes divisórias (pisos correntes) 1,80kN/m²

5.2.4. Ações variáveis

Ações variáveis – são ações que assumem valores com variações significativas em torno do seu valor médio durante a vida da estrutura (Reis, 2001).

Estas ações incluem as sobrecargas dos edifícios, e estes valores são quantificados pelo

RSA – Regulamento de segurança e ações no seu Cap. VIII, Art. 35.1.1 alínea a) e Art. 34.3.

- Sobrecarga nos pisos superiores 2,0kN/m²
 $\psi_0=0,7, \psi_1=0,6, \psi_2=0,4$
- Sobrecarga na cobertura 0,3kN/m²

Ao nível da cobertura, é de referir que não foram consideradas quaisquer SC (Sobre Cargas) pelo facto de os valores de ψ serem zero e, como tal, estes fatores não entram na análise aos sismos, sendo apenas considerado o PP (Peso Próprio).

5.2.5. Ação sísmica

A ação dos sismos foi considerada recorrendo a uma análise dinâmica da estrutura, para a qual se adotaram os espetros de resposta prescritos no Regulamento de Segurança e Ações (RSA), para as ações sísmicas tipo 1 e 2, com coeficiente de amortecimento modal de 10%, para a zona A ($\alpha=1,0$) e terreno tipo II, um solo coerente muito duro e de consistência média ou que poderá também apresentar-se como um solo incoerente compacto.

Dada a configuração estrutural particular da maioria dos edifícios e o facto de o material estrutural ser uma alvenaria, foi adotado o coeficiente de comportamento em força de 1,5 nas duas direções horizontais, pois segundo o EC8 – Eurocódigo 8, já não faz sentido utilizar coeficientes de comportamento menores que 1,5.

5.2.6. Materiais

Consideraram-se os seguintes materiais utilizados na construção dos edifícios existentes com as suas características:

- Alvenaria de pedra periférica com as seguintes características mecânicas:
 - $E = 1,0\text{GPa}$
 - $\gamma = 20\text{kN/m}^3$
- Paredes interiores com as seguintes características mecânicas:
 - $E = 0,5\text{GPa}$
 - $\gamma = 20\text{kN/m}^3$
- Pavimentos em vigamentos de madeira, com secção de 16×8 centímetros, com

as seguintes características mecânicas (Anexo Nacional do Eurocódigo 5 para pinho bravo classe E, geralmente utilizado nos barrotes de madeira para pavimentos):

- $E = 12\text{Gpa}$
- $\gamma = 6\text{kN/m}^3$

5.2.7. Estados limites últimos

Um estado limite último, de acordo com a definição do regulamento português de ações (RSA), é um estado a partir do qual a estrutura fica prejudicada, total ou parcialmente, na sua capacidade para desempenhar as funções que lhe são atribuídas.

A verificação do dimensionamento aos estados limites últimos baseou-se nos critérios estipulados no RSA, tendo por base o objetivo de garantir esforços resistentes superiores aos esforços atuantes para a combinação última mais gravosa para a secção ou elemento em questão. As combinações últimas utilizadas foram:

- Combinação Fundamental:

$$S_d = 1.35 \times PP + 1.50 \times RCP + 1.50 \times SC$$

- Combinação Sísmica 1:

$$S_d = 1.00 \times PP + 1.00 \times RCP + \psi_2 \times SC + \frac{1.50 \times \alpha}{\eta} \times E_1$$

- Combinação Sísmica 2:

$$S_d = 1.00 \times PP + 1.00 \times RCP + \psi_2 \times SC + \frac{1.50 \times \alpha}{\eta} \times E_2$$

5.2.8. Fundações

Ao nível das fundações, consideramos no âmbito das tensões de segurança à rutura, um Solo Coerente Rijo, onde a tensão de segurança varia entre $0,4 - 0,6 \text{ N/mm}^2$ (Farinha et al., 2010), tendo-se assim considerado um solo com uma tensão de segurança de $0,4 \text{ N/mm}^2$.

Por se tratar de uma Argila com $N_{spt} \approx 30$ pancadas, onde N é igual ao número de pancadas necessárias para atingir a penetração do solo e SPT - *Standard Penetration Test*, ou seja, um ensaio de penetração dinâmico a uma profundidade de 25 metros, conforme (Tecnasol, 2010) e recorrendo à tabela relativa à “Resistência e

deformabilidade de solos em função de resultados do SPT” (Gomes e Vinagre, 1997) (Fig. 30), foi considerado para o cálculo da rigidez do solo, a aplicar no modelo de cálculo, utilizando-se a seguinte expressão:

$$K = 40.000 \times \text{espessura da parede},$$

o que, para paredes com espessura de 0,50 metros, resulta numa mola com rigidez de 20.000kN/m.

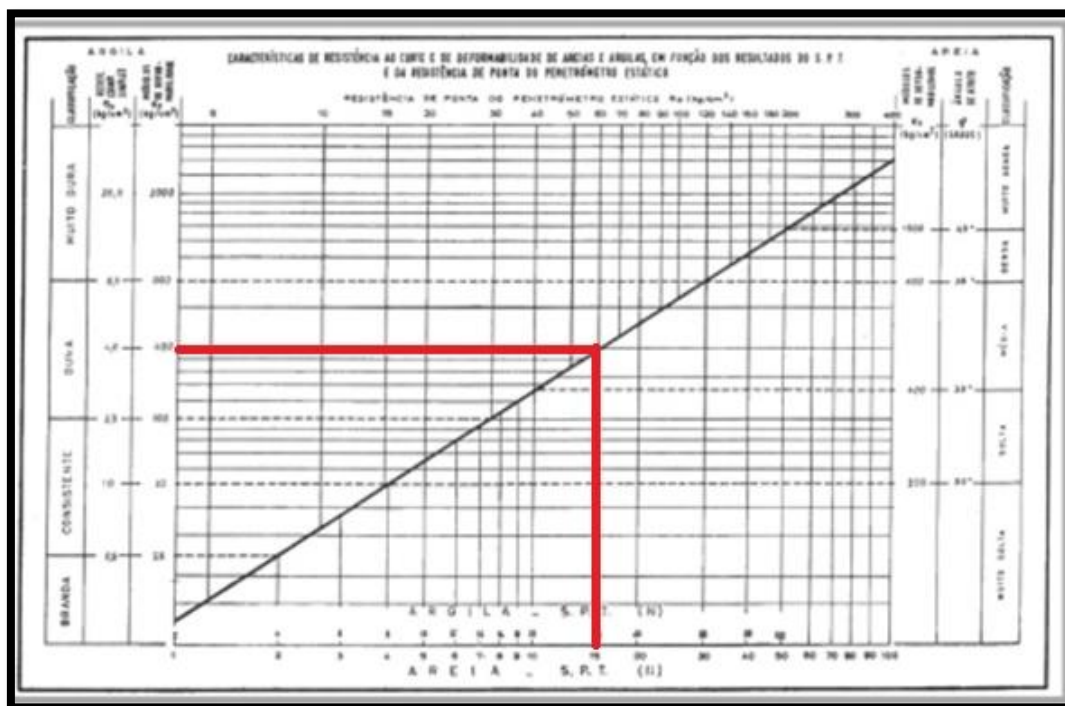


Fig. 30 - Tabela das características de resistência e deformabilidade de areias e argilas em função dos resultados de ensaios de penetração.

Fonte: Castro (1989)

De seguida, testamos o modelo à tração e compressão.

Por análise dos resultados obtidos, ao correr o programa SAP2000, verificamos que as zonas mais frágeis do edifício estão assinaladas no tom azul, sendo estas maioritariamente localizadas junto aos vãos e junto às paredes ortogonais interiores que intercetam as paredes exteriores (Fig. 31).

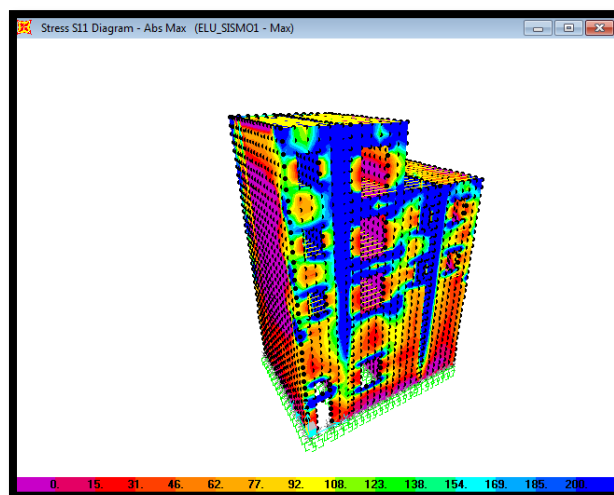


Fig. 31 - Resultado obtido da modelação do edifício às forças de tração

Fonte: Extraída da Modelação efetuada no SAP2000 - Edifício da Calçadinha de Santo Estevão, 10 – 12

Esta situação é recorrente em grande parte dos modelos de cálculo de edifícios desta natureza, ou seja, a maioria das fragilidades de edifícios deste tipo construtivo têm a sua origem junto aos vãos e junto à interceção das paredes interiores com as exteriores, recorrendo-se usualmente a reforços nestas zonas (Anexo III).

Como já anteriormente referido, a alvenaria resiste pouco à tração mas resiste razoavelmente bem à compressão, conforme se pode agora observar através dos edifícios modelados.

De seguida analisámos o modelo face às tensões de compressão das paredes de alvenaria.

A tensão máxima está usualmente limitada a 1000kPa (1Mpa), sendo visível na figura em (Anexo III) que essa tensão nunca é atingida.

Como medida preventiva, e para que o edifício resista aos esforços de tração a que fica sujeito num cenário de sismo, existe uma série de medidas de reforço construtivo que se torna imperativo neste tipo de resultados.

Existem diversas medidas de reforço de edifícios deste tipo, por forma a melhorar o seu comportamento face a ações sísmicas, entre as quais se destaca a aplicação de lâminas de reboco/betão armado, a colocar nas zonas onde, de acordo com os modelos, surgem tensões de tração na alvenaria superiores à sua capacidade resistente de 150 a 200Kpa.

5.2.9. Paredes em alvenaria de pedra

Uma parede de alvenaria de pedra não resiste às forças verticais de tração. A sua ductilidade reduzida e as propriedades de grande rigidez levam a que este tipo de

solução apresente uma capacidade de dissipação de energia muito reduzida, quando sujeita a forças sísmicas.

Sabemos que esta é composta por pedras irregulares de diversas dimensões, solidarizadas por meio de um ligante que pode ser cal, barro ou argamassas de diferentes constituições ou traços.

Por se tratar de paredes de alvenaria, tivemos de considerar as ações previstas para este tipo de material, descritas no RSA – Regulamento de Segurança quanto às cargas permanentes relativas ao pavimento, coberturas, paredes divisórias e paredes de alvenaria e quanto às sobrecargas relativas ao pavimento e às características dos materiais, neste caso das alvenarias ordinárias (Farinha, 2010).

Para analisar o comportamento das alvenarias de pedra da fachada, elemento mais importante a considerar no seu comportamento ao sismo, uma vez que o seu colapso implica a derrocada geral do edifício e obstrução das vias de acesso com resíduos na mesma, apoiámo-nos numa adaptação do método de Rayleigh, e esse está expresso no RSA – Regulamento de Segurança e Ações no seu Art. 31º, que consiste na utilização de um coeficiente de segurança global para a contabilização da resistência da alvenaria de pedra e da relação força de corte/compressão, que se verificou ao corte basal nas paredes de alvenaria que constituem os edifícios em estudo.

Esse estudo foi feito para cada um dos 120 edifícios que compõe o perímetro de 1,5 Ha da zona em causa.

Consideraram-se as seguintes ações no cálculo e modelação dos edifícios em estudo:

Cargas permanentes (Farinha, 2010):

- Pavimentos: $1,8\text{kN/m}^2$

Os pavimentos são constituídos pelos vigamentos de madeira ($0,3\text{kN/m}^2$) e revestimentos ou restante carga permanente ($1,5\text{kN/m}^2$).

- Coberturas: $0,9\text{kN/m}^2$

Que é o somatório das ações relativas ao revestimento ($0,50\text{kN/m}^2$) e à estrutura, constituída por asnas ($0,15\text{kN/m}^2$), madres ($0,10\text{kN/m}^2$), varas ($0,10\text{kN/m}^2$) e ripas ($0,03\text{kN/m}^2$).

- Paredes divisórias: $1,7\text{kN/m}^2$

Este valor para as paredes divisórias resulta do critério adotado para este tipo de construção para paredes com espessura de 0,10m de tabique (6×0,10) e com reboco de ambos os lados com espessura de 0,20m para um pé-direito de 3,00m e admitindo uma redistribuição de 40%, conforme disposto no art. 15º do RSA – Regulamento de Segurança e Ações.

- Paredes de Alvenaria:

Peso volúmico: $\gamma(\text{kN/m}^3) = 20 \text{ kN/m}^3$

Tensão de segurança = 1 Mpa

Sobrecargas:

- Pavimentos: $2,0 \text{ kN/m}^2$

$\Psi_1 = 0,3$; $\Psi_2 = 0,2$ (RSA sobrecarga regulamentar para edifícios de habitação)

- Cobertura: $0,3 \text{ kN/m}^2$

$\Psi_1 = 0,0$

Caraterísticas dos materiais (Paredes, 2000):

- Alvenaria ordinária = 3,0Gpa

$f_k = 3000 \text{ kN/m}^2$ (EC6)

Relativamente ao peso próprio das paredes de alvenaria foram considerados, para além da área da fachada, espessura e peso volúmico, o índice de vazios relativamente aos vãos.

A tabela utilizada para o cálculo do corte basal das paredes resistentes envia automaticamente o resultado da verificação à compressão do edifício em estudo, sendo que esta está dividida em 2 partes: na primeira o edifício é verificado à compressão e na segunda o edifício está a ser verificado à tração, ou seja, à resistência ao sismo.

Assim sendo, considerou-se para a tensão resistente de corte da alvenaria, que consta no EC6 – Eurocódigo 6 (cap.3.6.3. Resistência caraterística ao corte da alvenaria simples), regulamento utilizado para as alvenarias:

- $F_{vk} = f_{vko} + 0,4 \text{ gd} < (0,06 f_{bk})$, onde:

f_{vko} representa a tensão de resistência ao corte sem a presença de uma tensão axial (200 kN/m^2),

σ_d é a tensão de compressão na alvenaria,

f_{bk} é o valor característico admitido para a resistência dos elementos que constituem a alvenaria, em compressão (10000 kN/cm^2).

A determinação dos efeitos da ação do sismo foi feita de forma simplificada, multiplicando o valor das ações gravíticas correspondentes à soma das cargas permanentes com o valor quase permanente das cargas variáveis, por um coeficiente β .

Foi considerado o coeficiente sísmico com o valor de $\beta=0,22\alpha$ (α = coeficiente de sismicidade, que depende da zona sísmica em que se localiza), uma vez que é um valor mais conservador e, como tal, não existe ação sísmica maior que este valor, que é ditado pelo RSA – Regulamento de segurança e Ações, Art. 30.5.

Em virtude da falta de elementos efetivos dos restantes 115 edifícios considerou-se a situação mais gravosa.

Para um terreno tipo II considerou-se uma frequência fundamental de:

$$f = 2.77 \text{ Hz}$$

Para o cálculo das paredes resistentes das fachadas (corte basal), utilizou-se uma folha de cálculo em Excel, criada pelo gabinete de projeto A2P, que permite verificar a seguinte condição (o edifício resiste ao sismo, quando $V_{rd} > V_{sd}$):

$V_{rd} > V_{sd}$, onde

V_{rd} = valor de cálculo do esforço transversal resistente;

V_{sd} = valor de cálculo do esforço transversal atuante.

Resumidamente, para o edifício resistir a um sismo tem de ser verificada a condição acima, ou seja, o esforço transversal resistente tem de ser sempre superior ao esforço transversal atuante.

Numa primeira fase do trabalho desenvolvido em gabinete, procedeu-se à modelação do comportamento do edificado com o recurso ao SAP2000 (Made2Web, versão 14) de modo a obterem-se os comportamentos das principais tipologias existentes na área de estudo (comportamento entre as paredes periféricas exteriores, paredes ortogonais interiores e relação cheios/vazios dos vãos de janelas e portas existentes nas fachadas).

Verificou-se, após introdução de todos os dados necessários e de correr o programa, que as zonas de maior fragilidade dos edifícios se apresentavam sempre nas mesmas áreas

como atrás se referiu, ou seja, junto às esquinas dos vãos e no encontro das paredes interiores com a parede de fachada (Anexo III).

A identificação destas zonas é importante para encontrar a melhor solução no âmbito do reforço estrutural de forma a que o edifício possa elevar o seu comportamento perante um sismo e dar início à implementação de medidas preventivas no âmbito da reabilitação para aumentar os níveis de segurança do edificado em causa.

Numa segunda fase, procedeu-se à verificação das paredes resistentes, através do cálculo do corte basal (Anexo IV) para todos os 120 edifícios identificados e caracterizados no trabalho de campo.

Foram consideradas as seguintes variáveis:

- Altura do edifício.
- Altura do pé direito interior (assumido por observação do exterior de alguns edifícios).
- Espessura das paredes das empenas (assumida uma espessura de 0,40m).
- Espessura da parede da Fachada Principal.
- Comprimento total da parede da Fachada Principal.
- Comprimento da totalidade dos membros existentes entre vãos.
- Largura de influência (comprimento até à primeira parede paralela à fachada a dividir por 2).
- Número de pisos acima do piso 0.
- Área de abertura de vãos, na totalidade da fachada principal.
- Registo fotográfico.

Para facilitar o trabalho de campo, o perímetro de estudo foi subdividido em 12 quarteirões (Fig. 32) denominados como Quarteirão T, Y, P, S, J, H, I, F, M, V, N e R.

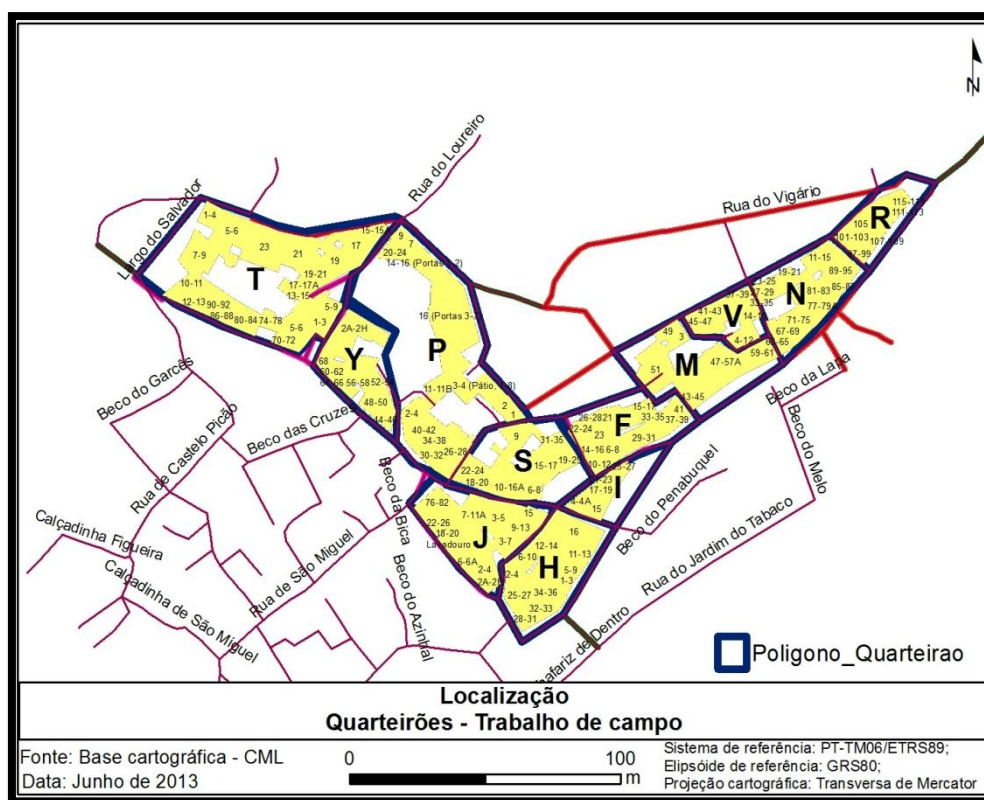


Fig. 32 - Identificação de quarteirões

Para a avaliação da vulnerabilidade do edificado em estudo foram utilizados os resultados finais do corte basal relativo ao valor de cálculo do esforço transversal atuante (**V_{sd}**) e ao valor de cálculo do esforço transversal resistente (**V_{rd}**), como critérios de classificação do comportamento dos edifícios face à ação sísmica.

Consideraram-se 3 classes de vulnerabilidade relativas ao edificado: comportamento não aceitável, duvidoso e aceitável. A primeira classe (não aceitável) corresponde ao edificado que poderá colapsar sob a ação sísmica; a segunda (duvidoso) corresponde ao edificado que poderá apresentar danos significativos; e a terceira (aceitável) corresponde aos edifícios que resistirão à ação sísmica.

Foi adotado um critério expedito de avaliação de comportamento do edificado que é seguido, por regra, pelo gabinete de projeto A2P quando são feitas análises de estruturas antigas, dificilmente enquadráveis em modelos mais complexos. Refira-se que este gabinete prestou apoio na análise estrutural do edificado no âmbito desta tese.

Os valores considerados na classificação das vulnerabilidades do edificado foram:

$$\frac{V_{sd}}{V_{rd}} < 1 = \text{Aceitável}$$

- No 1.º critério, o esforço resistente (**V_{rd}**) é superior ao atuante (**V_{sd}**), sendo

assim a relação atuante/resistente inferior a 1.

$$1 < \frac{Vsd}{Vrd} < 1,5 = \textit{Duvidoso}$$

- No 2.º critério, embora o esforço atuante (**Vsd**) seja superior ao resistente (**Vrd**), a relação entre eles é inferior a 1,5, ou seja, inferior ao valor do coeficiente de comportamento, ou do coeficiente de segurança, pelo que é expectável que com uma análise mais refinada eles se aproximem o suficiente para ficar pelo menos perto de verificar a segurança, ou seja, para se aproximar de 1.

$$\frac{Vsd}{Vrd} > 1,5 = \textit{Não aceitável}$$

- No 3.º critério, o esforço atuante (**Vsd**) é 1,5 superior ao resistente (**Vrd**), já não sendo provável que um refinamento da análise altere esta situação.

5.3. Determinação das vulnerabilidades sociais

As fontes utilizadas na avaliação da vulnerabilidade social foram exclusivamente as levantadas no trabalho de campo elaborado em conjunto com a vulnerabilidade do edificado.

No entanto, a vulnerabilidade aos perigos, como refere Wisner et al. (2004), é um processo constituído por componentes que envolvem causas profundas, tais como fatores históricos, políticos, económicos, ambientais e demográficos que produzem desigualdades, pressões dinâmicas (processos sociais específicos, como, por exemplo, uma rápida urbanização, conflitos sociais, etc.) e condições de vida pouco seguras (exposição desigual ao risco).

Assim, o conceito de vulnerabilidade social está associado ao grau de exposição aos perigos naturais e tecnológicos e aos acontecimentos extremos, dependendo estreitamente da capacidade de resistência que cada indivíduo tem quando se depara com acontecimentos profundos e de resiliência dos indivíduos e das comunidades mais afetadas em se erguer e reagrupar face a esses mesmos acontecimentos profundos, sendo a resiliência definida como a capacidade positiva dos indivíduos lidarem e se adaptarem às consequências das catástrofes.

Em resumo, segundo Mendes (2011), o conceito de vulnerabilidade social é assim definido como o nível de resiliência ou resistência dos indivíduos e comunidade quando expostos a processos ou acontecimentos danosos e resulta da conjugação da criticidade

que é entendida como o conjunto de características e comportamentos dos indivíduos que podem contribuir para a rutura do sistema e dos recursos das comunidades que lhes permitem responder ou lidar com cenários catastróficos e da capacidade de suporte que é o conjunto de infraestruturas territoriais que permite à comunidade reagir em caso de desastre ou catástrofe.

Assim sendo considera-se que *“As populações vulneráveis são aquelas que se encontram em risco não simplesmente porque estão expostas aos perigos, mas como resultado da marginalidade em que vivem, fazendo das suas vidas uma emergência permanente”* (Cutter, 2006, citado por Barry et al., 2011).

Esta tese tem igualmente como objetivo a análise da vulnerabilidade dos residentes efetivos dos edifícios em estudo, para obter uma cartografia o mais aproximada da realidade que foi possível efetuar, baseando sempre no trabalho e levantamento de campo que foi feito paralelamente ao dos edifícios.

A metodologia utilizada é assim composta por 4 indicadores, adaptados à realidade do caso de estudo a partir da metodologia proposta por Flanagan Gregory, Hallisey, Heitgerd e Lewis (2011):

- Socioeconómico (inclui a atividade profissional, o agregado familiar e as habilitações literárias), onde as populações economicamente desfavorecidas são sempre as mais afetadas por catástrofes.

Este tipo de indivíduos caracteriza-se pelos seus fracos recursos, tendo por essa razão menor probabilidade de se preparar para um qualquer cenário de catástrofe, ou até mesmo recuperar do mesmo (Morrow, 1999; Cortador et al., 2003, citados por Flanagan et al. (2011)).

Para estas famílias, a perda da sua habitação ou propriedade tem um impacto demasiado elevado e muito dificilmente a poderão reconstruir, uma vez que o valor de reconstrução por metros quadrados é muito elevado e muitos dos residentes não estão sensibilizados para a temática da necessidade de um seguro.

Além disso, os desempregados ou reformados não têm grandes fontes de rendimentos e seu sistema de saúde não será o mais adequado perante o cenário social que está em evolução.

Esta situação é oposta à dos indivíduos de nível social mais elevado, cujo edificado cumpre todas as normas e regras de boa construção, onde existe a cultura preventiva e a preocupação de manter seu bem seguro, e que detêm um rendimento mensal acima da média permitindo a aquisição de bens e serviços de qualidade onde os cuidados de saúde serão de “1ª classe”.

No entanto existe uma relação entre o nível de escolaridade e a vulnerabilidade que se torna evidente ao se analisar os indivíduos com nível de escolaridade mais elevado, onde existe um nível de formação e informação sobre os diversos perigos, dando assim oportunidade a estes de se prepararem e recuperarem com mais facilidade em caso de desastre, sendo que os indivíduos de nível de escolaridade mais baixo têm um grau de dificuldade maior na recuperação (Morrow, 1999, citado por Flanagan et al. (2011)).

- Composição do agregado familiar (inclui idade, número de elementos do agregado familiar, estado civil e limitações de mobilidade física).

As crianças e os idosos são os grupos mais vulneráveis em situações de desastre (Ngo, 2001; Cortador et al., 2003, citados por Flanagan et al. (2011)), sendo mais propensos a necessitar de apoio financeiro, transporte, assistência médica e cuidado ou assistência com as atividades diárias normais durante desastres.

As crianças, especialmente nas faixas etárias mais jovens, não se podem proteger durante um desastre, porque não têm os recursos necessários, o conhecimento ou as experiências de vida para lidar eficazmente com a situação.

Acresce que as autoridades locais não estão adequadamente preparados para fornecer bens ou serviços específicos para crianças (Morrow, 1999; Madrid et al., 2006, citados por Flanagan et al. (2011)).

Idosos que vivem sozinhos e as pessoas de idade mais avançada, ou com limitações físicas, também são mais suscetíveis e vulneráveis aos desastres (Eidson et al., 1990; Schmidlin, 1995; Morrow, 1999; Peek-Asa et al., 2003; White et al., 2006; McGuire et al., 2007; Rosenkoetter et al., 2007, citados por Flanagan et al. (2011)) e daí necessitarem mais de auxílio neste tipo de cenário.

Os membros da família ou vizinhos que normalmente têm o cuidado de vigiar

um destes idosos têm um papel importante ao informar as autoridades competentes em caso de desastres e alertá-los para as dificuldades destes indivíduos.

Existe neste momento o fenómeno de diminuição, a nível socioeconómico, das famílias monoparentais, com maiores encargos económicos para quem detém o poder paternal, sendo que estas são especialmente vulneráveis ao desastre, porque toda a responsabilidade sobre as crianças cai sempre sobre apenas um dos pais.

- Nacionalidade (compreende raça, etnia e linguística).

A marginalização social e económica de determinados grupos raciais e étnicos, incluindo a discriminação imobiliária, dado existir muito preconceito relativamente ao aluguer de imóveis, por exemplo, a etnias ciganas ou negras, torna esses grupos da população mais vulneráveis em todas as fases do desastre, vendo-se obrigados a procurar imóveis com estados de conservação muito degradados e sem muitas condições de habitabilidade (Morrow, 1999; Cortador et al., 2003, citados por Flanagan et al. (2011))

Africanos, indianos, paquistaneses, asiáticos, e outras nacionalidades, estão correlacionados com maiores índices de vulnerabilidade (Cortador et al., 2003; Elliot e Pais, 2006, citados por Flanagan et al. (2011)) e, apesar desta realidade não se apresentar muito evidente e presente no Bairro de Alfama, talvez se possa incluir neste grupo os inúmeros turistas que diariamente invadem este bairro, não havendo, contudo, qualquer tipo de registo.

- Habitação/Transporte (compreende a estrutura do aglomerado habitacional, e o acesso de veículos).

Nesta categoria a qualidade da habitação é um fator importante na avaliação vulnerabilidade a desastres.

A qualidade da habitação está intimamente ligada à situação económica pessoal, isto é, as pessoas com maiores carências económicas muitas vezes vivem em casas de má qualidade construtiva, sendo estas especialmente vulneráveis neste caso a derrocadas perante um sismo, por as mesmas não estarem devidamente preparadas para o efeito (Eidson et al., 1990; Morrow, 1999; Peek-Asa et al., 2003; Daley et al., 2005; De Souza, 2004; Tierney,

2006, citados por Flanagan et al. (2011)).

As elevadas densidades populacionais das cidades, são igualmente um fator de risco, maior do que nas zonas rurais.

Além disso, um elevado número de pessoas saindo em pânico para a rua implica uma evacuação desordenada e nada segura, potenciando o perigo.

Hoje em dia o valor de um automóvel e a sua manutenção inviabiliza que muitas famílias o possam ter. Logo, estes indivíduos, perante uma necessidade urgente de evacuação do local, estarão sempre dependentes de transporte público, o que os coloca perante um perigo acrescido: o de não terem oportunidade nem tempo de fuga.

Com recurso a um inquérito, na sequência do trabalho de campo elaborado paralelamente à avaliação do património edificado a cerca de 162 pessoas, moradores permanentes de Alfama, identificaram-se (i) as principais dificuldades de alguns moradores, (ii) o seu grau de incapacidade ou de mobilidade, (iii) a localização das pessoas com incapacidade física mais condicionante, (iv) os apartamentos ocupados durante o dia, pelo conhecimento da atividade profissional (trabalhador, reformado ou desempregado) e idade, e quais os direcionados para o turismo sazonal, por informação dos vizinhos.

Dáí resultou a elaboração de uma base de dados na qual os dados foram agrupados em 4 identificadores: (i) socioeconómico, que englobava o estado civil, a idade e o número de indivíduos do agregado familiar, (ii) composição do agregado familiar, que englobava o nível de escolaridade, a atividade profissional, a taxa de reformados, a taxa de desempregados e o grau de mobilidade, (iii) nacionalidade, que caracterizava o indivíduo quanto à sua origem (estrangeiro ou não), e (iv) habitação/transporte, que englobava ter automóvel e estado de conservação do edifício.

6. Apresentação de resultados

Os objetivos a serem alcançados por esta dissertação são o estudo da vulnerabilidade sísmica dos 120 edifícios situados em Alfama, pertencentes à Junta de Freguesia de Santo Estevão, a identificação das vulnerabilidades das vias pedonais e rodoviárias e suas condicionantes, tais como, pins de pedra, estendais, aparelhos exteriores de ar condicionado, andaimes, estruturas de contenção e coberturas provisórias existentes no terreno.

As vulnerabilidades sociais da população residente na área de projeto são também estudadas.

A apresentação georreferenciada dos resultados possibilita a identificação de zonas críticas, bem como das condicionantes atrás referidas.

Esta informação cartografada poderá ser um veículo para ajudar na reformulação e atualização do plano de emergência existente para Alfama, bem como servir para possibilitar a continuidade deste trabalho, estendendo a área de intervenção ou até mesmo implementando a mesma tipologia a outros bairros.

6.1. Edificado

Como anteriormente referido, procedeu-se ao estudo da vulnerabilidade do edificado de 120 edifícios em Alfama, distribuídos por 12 quarteirões pertencentes à Freguesia de Santo Estevão, num total de uma área de 1,5 Ha (Fig. 33).

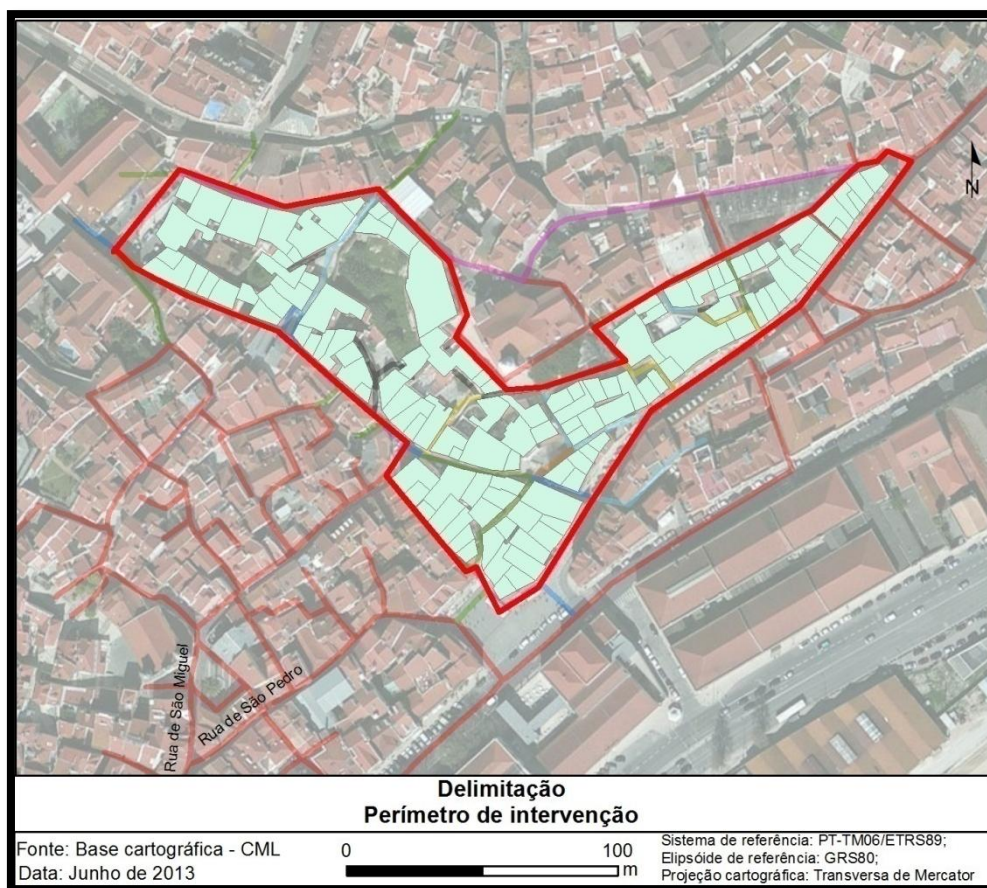


Fig. 33 - Perímetro de estudo – Alfama

Como resultado do cálculo das paredes resistentes, através do método do corte basal e aplicação dos critérios de classificação das vulnerabilidades, concluiu-se que, dos 120 edifícios presentes na área de estudo, cerca de 29 edifícios têm uma elevada probabilidade de colapsar (classe não aceitável atribuída pelo cálculo efetuado) e outros 41 edifícios podem sofrer danos significativos. Relativamente a estes 41 edifícios poderão ser adotadas, atempadamente, medidas preventivas no sentido de os tornar mais resistentes, resilientes e dúcteis.

Existem ainda 50 edifícios que apresentam uma elevada capacidade de resistência aos sismos (Tabela 9).

Tabela 9 - Vulnerabilidades do edificado

Classe	N.º de edifícios
Aceitável	50
Não aceitável	29
Duvidoso	41

Na Fig. 34 apresenta-se a distribuição das três classes de vulnerabilidade do edificado na área de estudo. Constatase que as zonas Este e Central apresentam um número significativo de edifícios vulneráveis. A zona Oeste apresenta uma faixa importante com

edifícios de comportamento aceitável ao longo da Rua Guilherme Braga, o que poderá ter importância, quer na definição de áreas prioritárias para a mitigação de vulnerabilidades do edificado, quer no planeamento de emergência.

No entanto, para a definição de conexões com áreas externas à área de projeto, falta o conhecimento do comportamento do edificado no outro lado da Rua Guilherme Braga, para se poderem tomar decisões quanto a medidas de mitigação e planeamento.

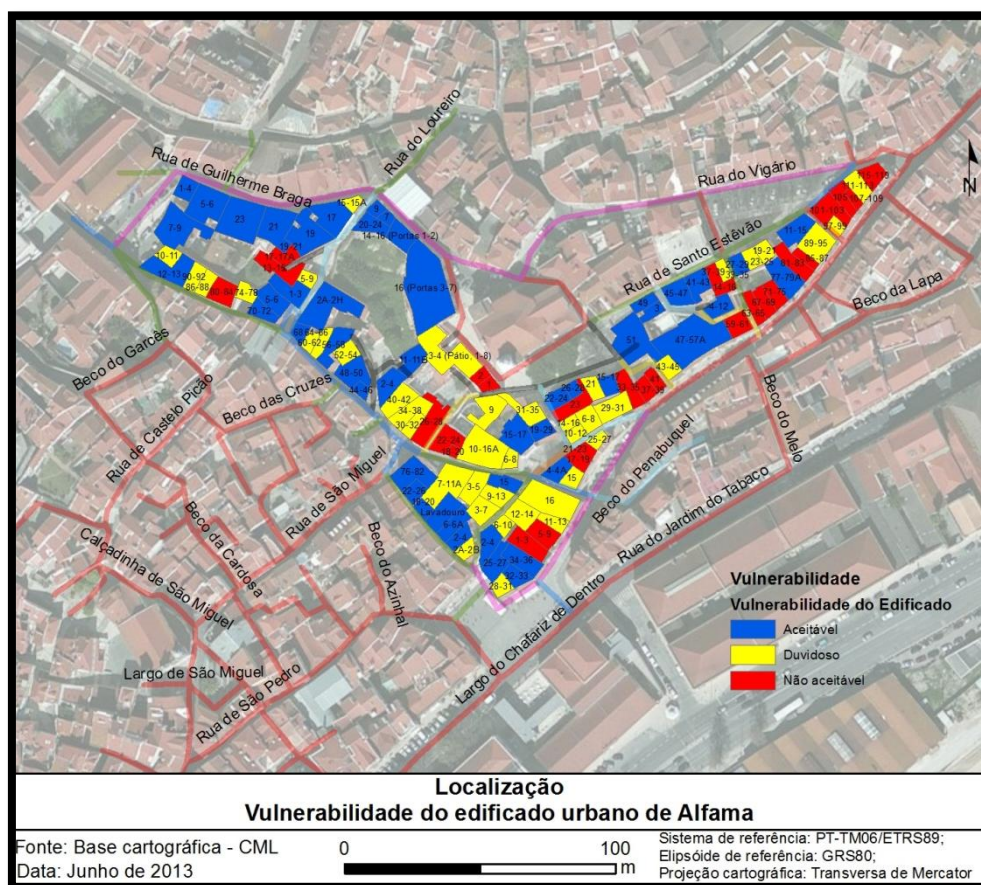


Fig. 34 - Vulnerabilidades do edificado

As zonas Central e Este da área de estudo poderão apresentar maiores dificuldades, quer na circulação pedonal, quer rodoviária, após a ocorrência de um sismo que produza impactos nesta área.

Com a identificação de zonas críticas, acessos limitados e condicionantes no terreno, pretende-se propor medidas corretivas - nomeadamente, traçar e planear caminhos de evacuação, em caso de emergência - e, assim, apoiar na atualização e reformulação dos planos de emergência existentes, elaborados pelo Departamento de Proteção Civil Municipal de Lisboa.

No entanto, há que referir que os resultados obtidos foram aferidos com base no tipo de

construção existente e seus estados de conservação.

6.2. Vias

Tendo em consideração os critérios de classificação das vulnerabilidades relativas às vias, apresentados anteriormente no subcapítulo 5.1.3, é possível identificar as vias vulneráveis à circulação rodoviária e pedonal (Fig. 36).

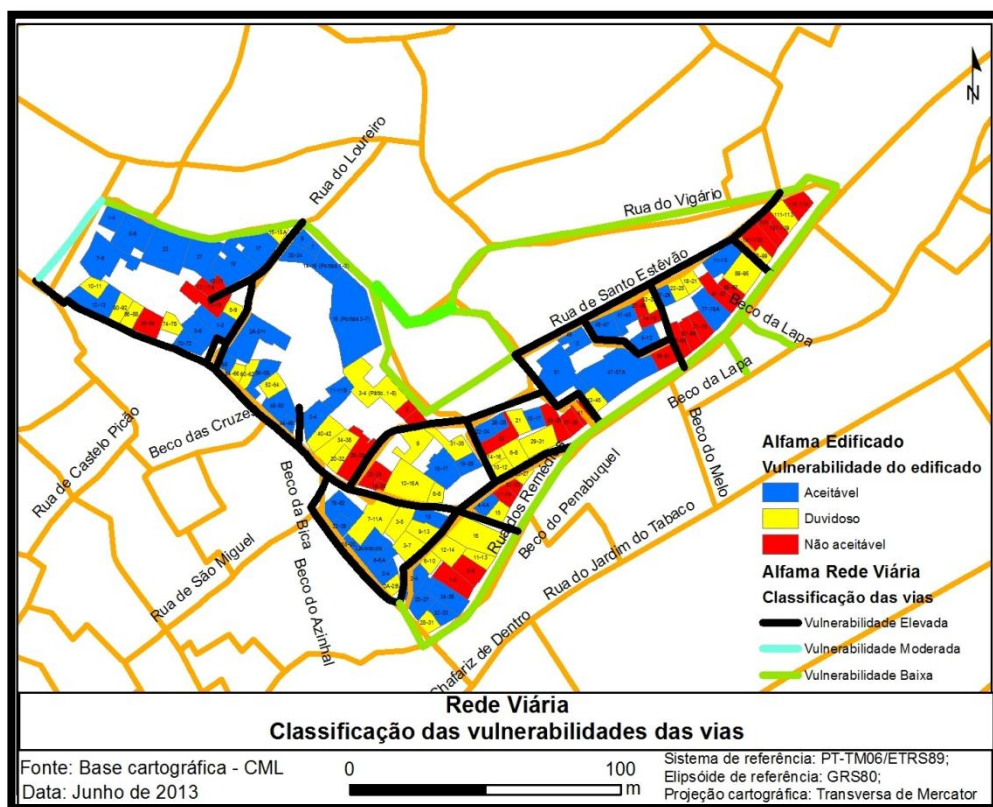


Fig. 35 - Classificação das vias

Pela análise da Fig. 34 e Fig. 35 podemos concluir que perante um cenário de catástrofe com colapso de edifícios e tendo em conta o número de ruas classificadas como tendo vulnerabilidade elevada e apenas identificado um caminho de emergência, composto por duas ruas, que se resume ao perímetro da área de estudo, o socorro a vítimas será dificultado pela provável obstrução dos acessos aos respetivos edifícios, provocada pelo possível colapso em maior ou menor escala de 70 estruturas. Esta obstrução poderá ser mais acentuada onde existem dois ou mais edifícios com grande probabilidade de colapsar, como no caso do Beco Maria Guerra e do Beco do Carneiro.

Verifica-se ainda que todas as vias no interior da área de estudo apresentam vulnerabilidade elevada.

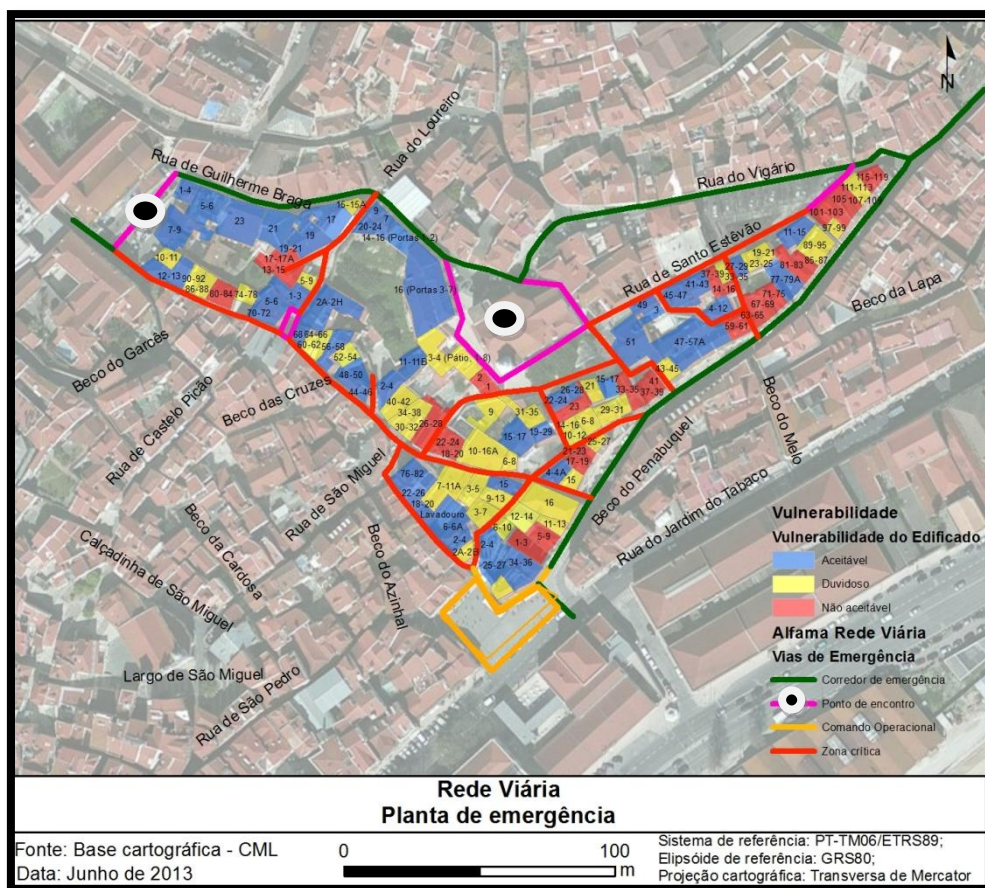


Fig. 36 - Vias de emergência

O comprimento das vias que podem ficar inoperacionais devido ao colapso de edifícios corresponde a 731 metros lineares, sendo que o total das vias estudadas perfaz 1.249 metros lineares, ou seja, cerca de 58% do total da rede analisada.

As principais conclusões que podemos retirar são as seguintes:

- O interior do perímetro da área de estudo tem elevada vulnerabilidade na circulação viária e pedonal. Após um sismo com características destruidoras existirão grandes dificuldades de circulação, quer pedonal, que rodoviária, no interior do perímetro da área de projeto, tendo como causa provável a obstrução das vias devido aos destroços dos edifícios colapsados
- O corredor de emergência poderá corresponder às vias circundantes à área em estudo
- Existirão dificuldades na chegada do socorro de outras zonas exteriores ao interior da área de estudo pelas vias atualmente existentes
- O socorro a prestar em tempo útil às populações que se localizem no interior da área de estudo será demorado e condicionado em muitos casos à retirada de

entulho, o que poderá agravar o resgate e salvamento de pessoas

- Estas características poderão impossibilitar, na maior parte dos casos, o combate aos incêndios que poderão ser induzidos pela ação sísmica
- Nas vias mais vulneráveis poderão, pela possível acumulação de entulho, existir dificuldades na circulação de indivíduos com mobilidade reduzida, ainda que possa ser possível para indivíduos mais jovens.

A zona Central a Este da área de estudo poderá apresentar maiores dificuldades, quer na circulação pedonal, quer rodoviária, após a ocorrência de um sismo que produza impactos nesta área.

O local escolhido para a instalação do COS – Comando de Operações de Socorro (Largo Chafariz de Dentro) tem de ter características, tais como, espaço amplo com facilidade de acessos, mas tal opção depende do comportamento dos edifícios circundantes em cenário de catástrofe, o qual não foi objeto deste estudo.

Composto por uma área de cerca de 747 metros quadrados, o Largo Chafariz de Dentro está localizado junto a uma via principal de fluxo de tráfego com uma largura de 8,36 metros (Rua Jardim do Tabaco) e outra de 10,67 metros (Rua do Terreiro do Trigo) o que poderá facilitar as operações de comando e socorro.

Segundo dados existentes no Departamento de Proteção Civil da Câmara Municipal de Lisboa, na área de estudo desta tese existe apenas um habitante com mobilidade reduzida.

Entende-se por indivíduo com mobilidade reduzida a pessoa que se desloca com grande dificuldade, com recurso a cadeira de rodas, ou bengala, ou até tendo em conta o avançado da sua idade, deslocando-se através de passos pequenos, vagarosos e muito limitado, tendo por vezes de recorrer à ajuda de outras pessoas para executar as suas tarefas diárias.

Existiu igualmente a preocupação de ser elaborado, paralelamente ao levantamento efetuado quanto ao edificado e vias de acesso, uma avaliação da vulnerabilidade social, passando pela elaboração de um pequeno inquérito num universo de 162 pessoas, através do qual se concluiu a existência no terreno de 8 idosos com mobilidade reduzida.

Estes estão devidamente cartografados e identificados na Fig. 37.

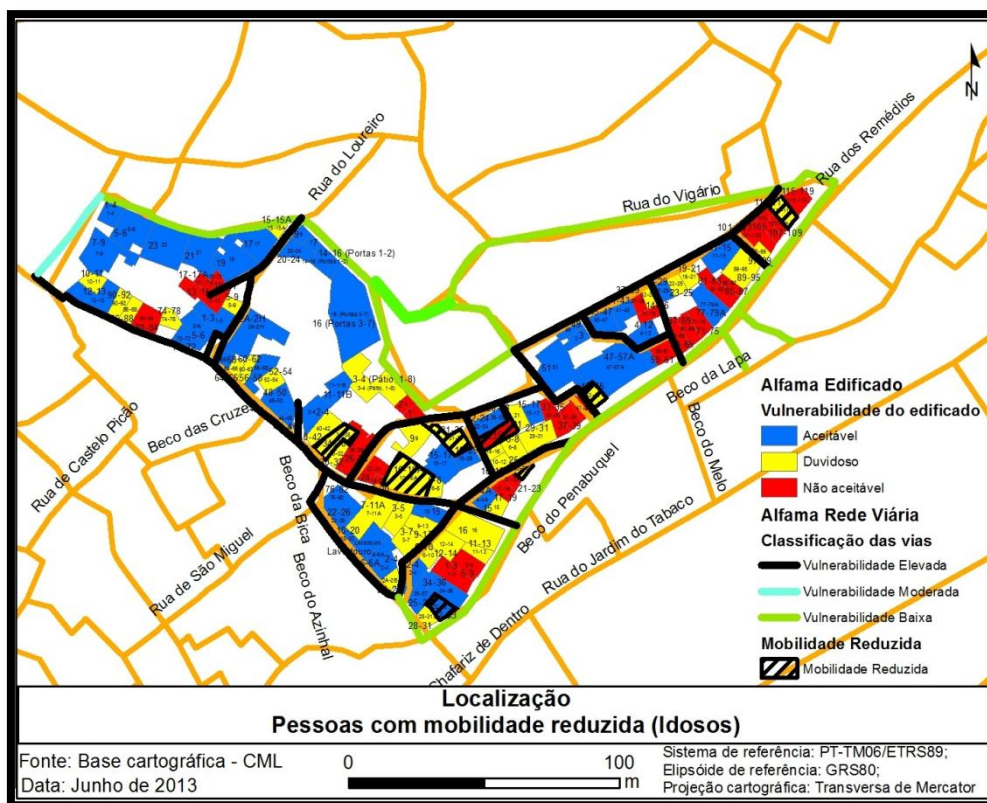


Fig. 37 - Idosos com mobilidade reduzida

Verifica-se que a maioria dos habitantes com mobilidade reduzida se encontram em edifícios com comportamentos “duvidosos” e “aceitáveis”, nomeadamente na:

- Rua da Regueira n.º 34 a 38 (via de vulnerabilidade elevada);
- Rua da Regueira n.º 10 a 12 (via de vulnerabilidade elevada);
- Escadinhas de Santo Estevão n.º 23 (via de vulnerabilidade elevada);
- Escadinhas de Santo Estevão n.º 5 (via de vulnerabilidade elevada);
- Ruas dos Remédios n.º 32 e 33 (via de vulnerabilidade baixa);
- Ruas dos Remédios n.º 25 a 27 (via de vulnerabilidade baixa);
- Rua dos Remédios n.º 43 a 45 (via de vulnerabilidade baixa);
- Rua dos Remédios n.º 111 a 113 (via de vulnerabilidade baixa).

Observa-se que o edifício na Rua dos Remédios n.º 111 a 113 se encontra no meio de dois edifícios com elevada probabilidade de colapsar, pelo que estamos na presença de uma provável obstrução da via de acesso por escombros.

Esta situação irá dificultar o socorro a este habitante.

No entanto, todas estas situações que hoje se apresentam atuais são sempre alvo de transformações e alterações que dizem respeito ao próprio ciclo da vida e, como tal, terão de ser sempre objeto de atualizações com alguma regularidade, sendo que poderão ser feitas no âmbito da verificação e atualização do Plano de Emergência existente do bairro de Alfama.

6.3. Quanto à vulnerabilidade social

Não existem dúvidas ao se considerar que a vulnerabilidade social não é apenas consequência da exposição aos perigos, mas sim o resultado de condições de desigualdade social que precedem a ocorrência desses processos e que podem estar relacionados com fatores como a pobreza, a idade, o género ou a classe social (Bankoff, 2004; Bolin, 2006; Cutter, 2003; Cutter, 2006; Cutter et al., 2006; Dwyer, 2004; Fekete, 2009; Kuhlicke et al., 2011; Langridge et al., 2006, citados por Mendes, Tavares, Cunha e Freiria, 2011).

Ora, as componentes da vulnerabilidade social têm como variação as características das comunidades que, à partida, não estão diretamente relacionadas com a perigosidade, que constitui o risco, mas sim com o grau de desenvolvimento económico, o acesso a recursos, os problemas de mobilidade física, os modos de vida e os meios de subsistência das pessoas.

Considera-se uma comunidade vulnerável aquela que se encontra em risco, não simplesmente porque está exposta aos perigos, mas que resulta da marginalidade em que vive, fazendo das suas vidas uma “emergência permanente” (Cutter, 2006 e Cutter, 2010, citados por Mendes, Tavares, Cunha e Freiria, 2011).

Através de uma análise por taxonomia, com recurso ao programa aplicativo do tipo científico SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*), foram analisados os resultados dos inquéritos realizados no terreno.

O estudo da vulnerabilidade social, como atrás referido, foi dividido em 4 categorias e, após introduzir toda a informação obtida no trabalho de campo no SPSS, foi possível chegar às seguintes conclusões:

Quanto ao perfil familiar, encontram-se definidos 3 perfis possíveis, sendo:

- 1º - Constituído por idosos com mais de 65 anos, viúvos e que vivem sozinhos;
- 2º - Pessoas de idade ativa entre os 19 e 64 anos, casados e com um agregado

familiar \geq a 2 indivíduos;

- 3º - Pessoas de idade ativa, casadas e cujo agregado familiar evidencia a não existência de filhos.

Pela análise da tabela, observa-se que Alfama é composta maioritariamente por um perfil familiar constituído por indivíduos na faixa etária entre os 19/64 anos, solteiros e sem filhos, que corresponde a cerca de 39 pessoas, seguido por indivíduos na mesma faixa etária mas casados e com filhos, correspondendo a cerca de 26 pessoas. No entanto, o número de indivíduos na faixa etária entre os 19/64 anos, casados e com filhos é muito próximo, do número de indivíduos com um grau de vulnerabilidade mais elevado, existindo apenas uma diferença de três pessoas entre estes dois grupos (Tabela 10).

Tabela 10 - Perfil familiar – grau de vulnerabilidade

Perfil Familiar	Grau de Vulnerabilidade - V1	Quantidade
>65 anos, viúvo, 1 agregado familiar	1 (elevado)	29
19-64 anos, casado, com filhos	0,75 (moderado)	26
19-64 anos, solteiro, sem filhos	0,5 (baixo)	39

Através do mapa a seguir apresentado (Fig. 38), apercebemo-nos sobre a distribuição destes indivíduos pelos respetivos edifícios e ruas, de forma a identificar onde estão localizados os indivíduos de faixa etária mais elevada e que vivem sozinhos e que, desta forma, necessitam de uma atenção prioritária em termos de socorro.

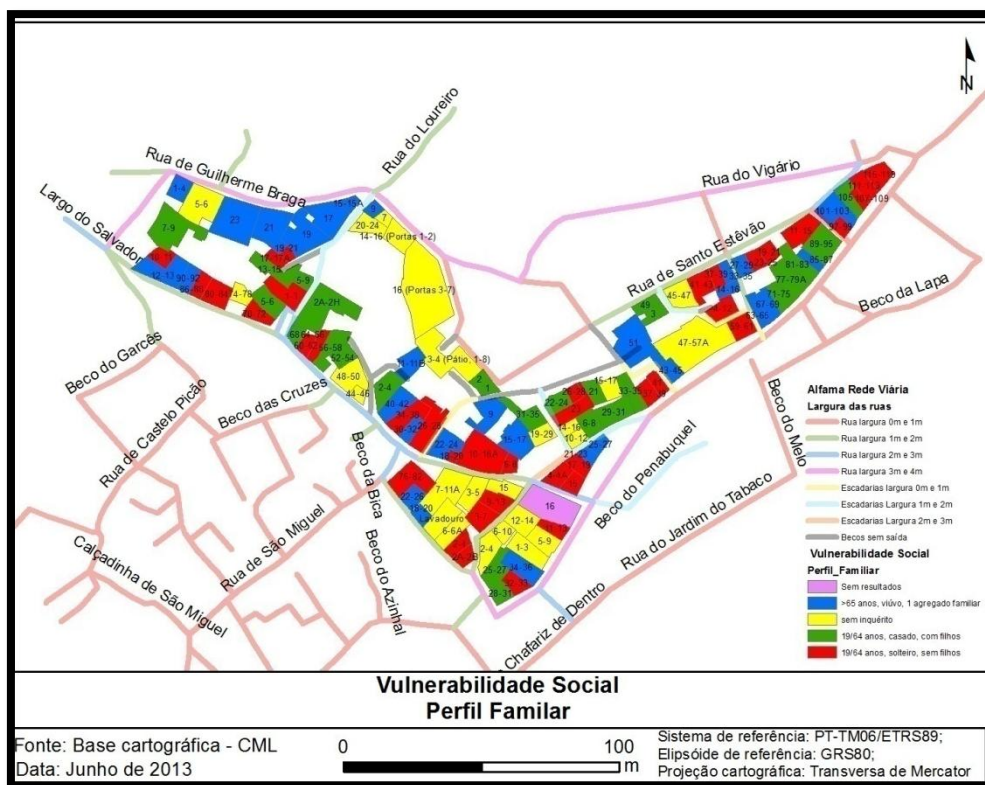


Fig. 38 - Perfil Familiar

Através da sobreposição de resultados entre a vulnerabilidade do edificado e o perfil familiar, verificamos que indivíduos considerados com um grau de vulnerabilidade elevado (1) estão localizados em 7 edifícios que se consideram com tendo uma grande probabilidade de colapsar, conforme mapa a seguir apresentado (Fig. 39).

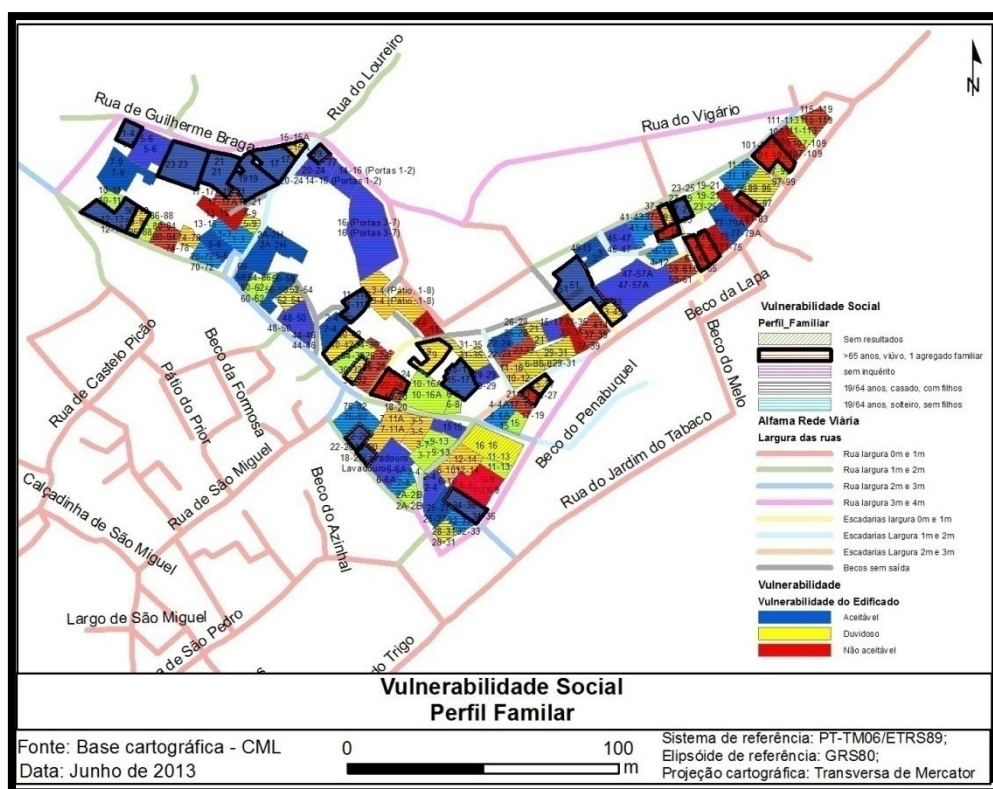


Fig. 39 - Perfil Familiar/Vulnerabilidade do edifício

Quanto ao perfil socioeconómico, podem-se identificar os seguintes perfis tipo:

- 1º - Constituído por idosos com baixa escolaridade e reformados;
- 2º - Pessoas com elevado grau de escolaridade e que têm atividades profissionais no âmbito de profissões intelectuais e científicas;
- 3º - Pessoas com grau de escolaridade médio e que se inserem noutras atividades profissionais.

Pela análise da Tabela 11, verifica-se uma população composta por cerca de 26 indivíduos desempregados, seguida de 25 indivíduos reformados, seguida de uma população composta por vários indivíduos que trabalham em diversas áreas, e um número significativo de pessoas no ativo, ligados a áreas científicas.

Tabela 11 - Perfil socioeconómico – grau de vulnerabilidade

Perfil Socioeconómico	Grau de Vulnerabilidade - V2	Quantidade
Reformados	1	25
Desempregados	0,75	26
Trabalham noutras profissões	0,5	29
Profissionais na área científica	0,25	39

Através do mapa a seguir apresentado (Fig. 40), apercebemo-nos da distribuição destes indivíduos, pelos respetivos edifícios e ruas.

Para análise dos resultados mapeados efetuamos uma reclassificação quanto ao grau de vulnerabilidade, do maior para o menor, sendo o seguinte:

- Reformados;
- Desempregados;
- Trabalham noutra profissão;
- Profissionais na área científica.

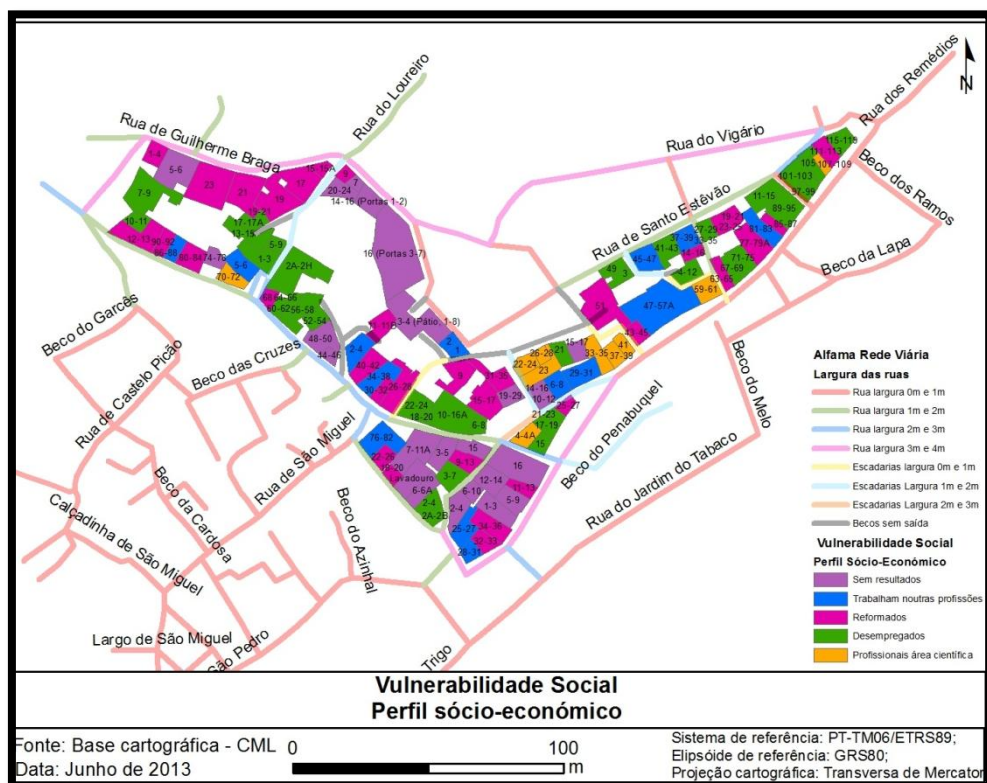


Fig. 40 - Perfil socioeconómico

Ao fazermos o cruzamento com a vulnerabilidade do edificado, verificamos que os indivíduos mais vulneráveis (i.e., os reformados e desempregados) encontram-se localizados em diversos edifícios assinalados como tendo grande probabilidade de colapsar (Fig. 41), nomeadamente cerca de 5 edifícios, onde estão instalados reformados, indivíduos que se consideraram como tendo o grau de vulnerabilidade mais elevado.

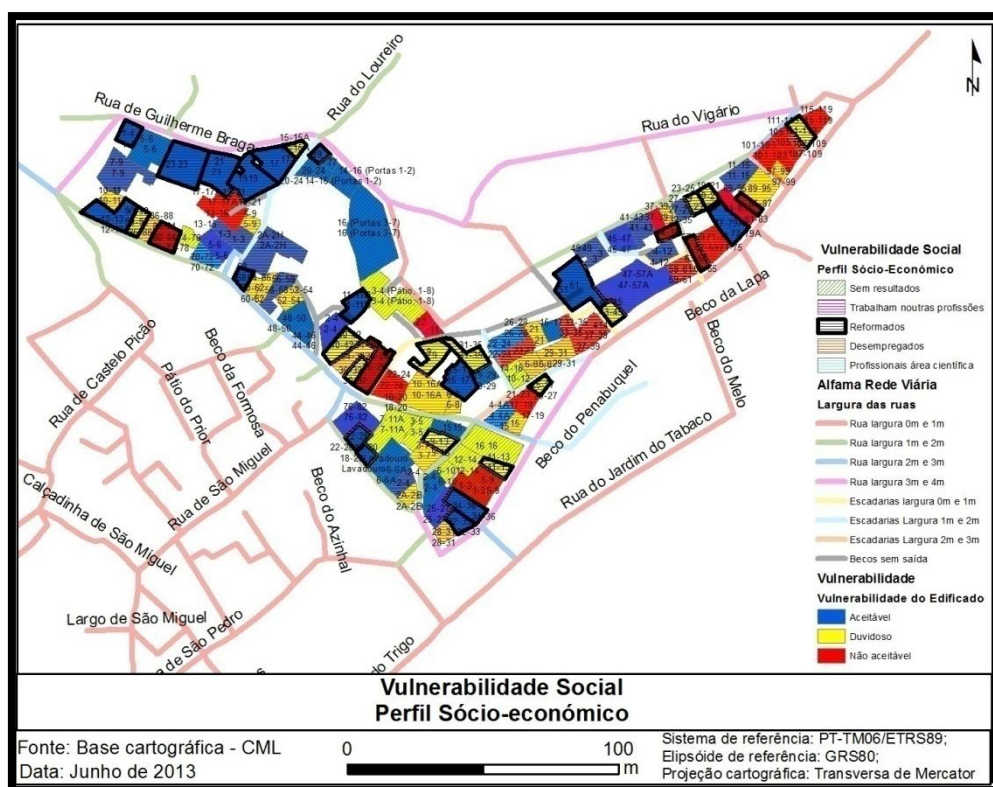


Fig. 41 - Perfil socioeconómico /Vulnerabilidade do edifício

Quanto à nacionalidade, apenas se considerou a existência, ou não, de estrangeiros residentes no bairro de Alfama.

No inquérito elaborado apenas identificaram-se 2 residentes são estrangeiros a morar e trabalhar em Portugal, sendo a restante população inquirida (94 pessoas) de nacionalidade portuguesa¹ (Tabela 12).

Tabela 12 - Residentes nacionais ou estrangeiros – grau de vulnerabilidade

Residentes Nacionais e Estrangeiros	Grau de Vulnerabilidade - V4	Quantidade
Estrangeiros	1	2
Nacionais	0,5	94

Os 2 residentes estrangeiros estão localizados junto ao Largo Chafariz de Dentro, devidamente localizados no mapa de resultados (Fig. 42).

Para análise dos resultados mapeados efetuamos uma reclassificação quanto ao grau de vulnerabilidade do maior para o menor, sendo o seguinte:

- Residentes Estrangeiros;
- Residentes Nacionais.

¹ Não se conseguiu realizar o inquérito a cerca de 24 indivíduos, não tendo assim sido possível apurar a nacionalidade destes indivíduos.

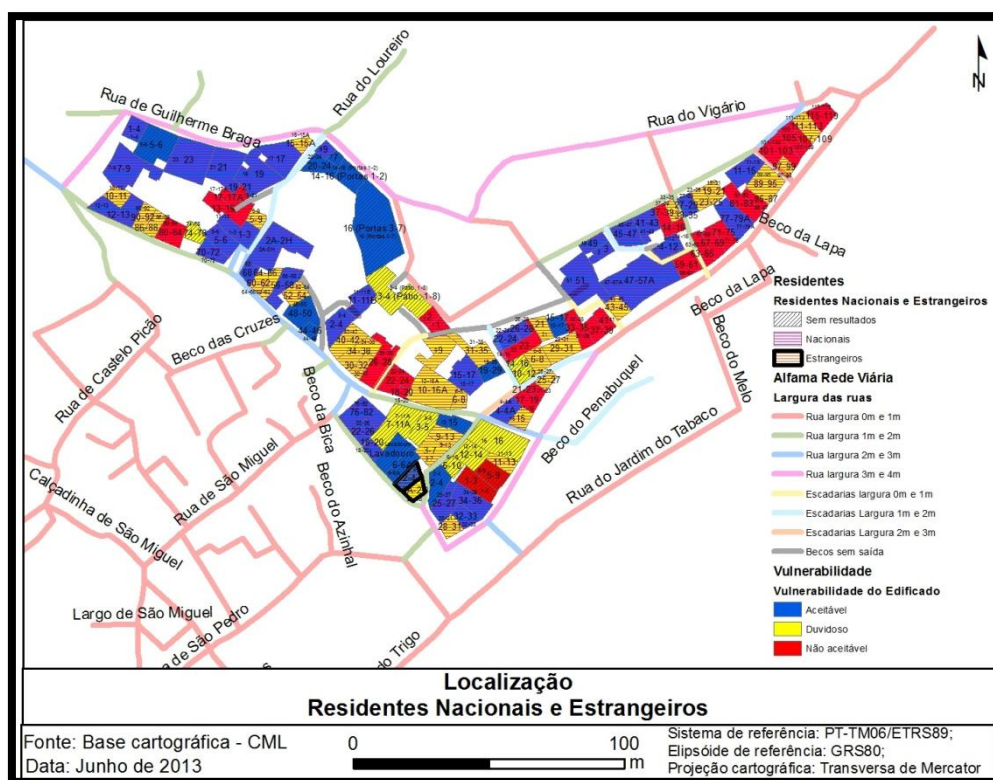


Fig. 42 - Residentes Nacionais e estrangeiros/Vulnerabilidade do edifício

Quanto ao transporte/Habitação, verificou-se após análise com recurso ao SPSS, não existir relação entre a posse de veículo próprio e o estado de conservação das habitações, devido ao regime de propriedade que se encontra em Alfama, e que pode ser comprovado através de consulta do Censos 2011. Neste, os residentes são separados em 2 grupos distintos, os residentes proprietários e os residentes inquilinos e o facto de a habitação apresentar um elevado índice de vulnerabilidade não é condição para uma fraca situação económica, dado poder acontecer que a habitação não seja propriedade própria e, como tal, um inquilino não despende de suas economias para executar obras (as quais não serão de sua responsabilidade).

Através de análise da Tabela 13, verificámos a existência de um número maior de residentes sem viatura própria (cerca de 52 pessoas), comparativamente àqueles que possuem (44 pessoas). No entanto, conforme atrás referido, esta realidade nada tem a ver com um menor ou maior poder económico dos indivíduos em causa.

Tabela 13 - Residentes com ou sem viatura – grau de vulnerabilidade

Residentes com posse ou não de viatura	Grau de Vulnerabilidade - V3	Quantidade
Sem viatura própria	1	52
Com viatura própria	0,5	44

Através do mapa a seguir apresentado (Fig. 43), apercebemo-nos da distribuição destes

Para análise dos resultados cartografados efetuamos uma reclassificação quanto ao grau de vulnerabilidade do maior para o menor, sendo o seguinte:

- Não possui viatura própria;
- Possui viatura própria.

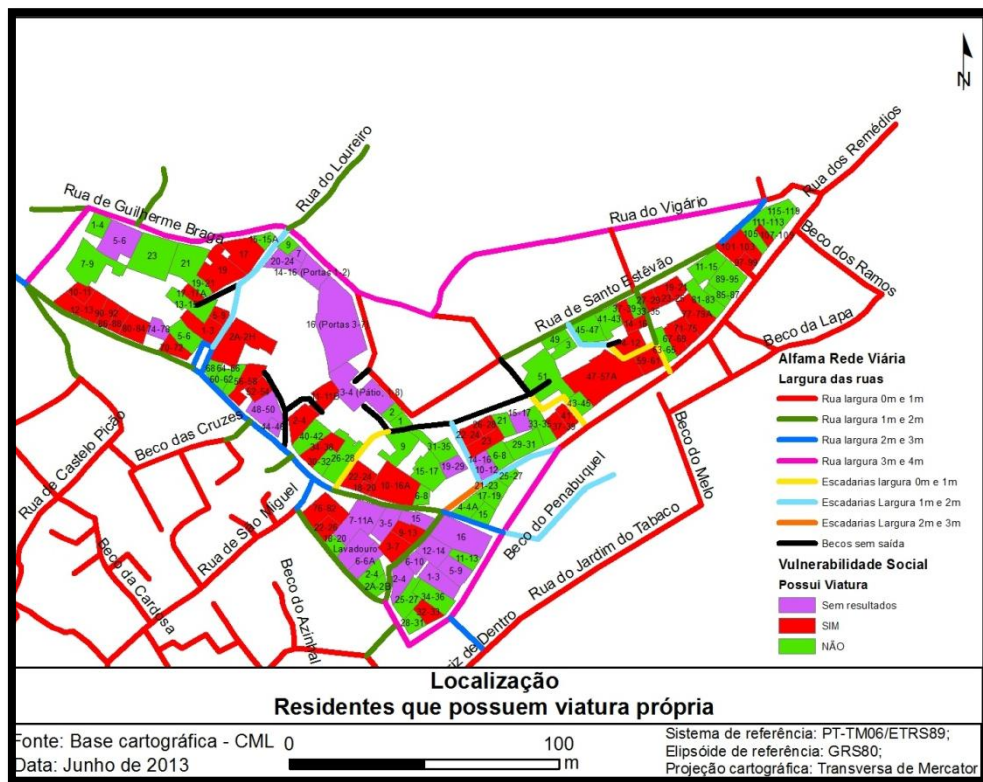


Fig. 43 - Residentes com viatura própria ou não

Ao fazermos o cruzamento com a vulnerabilidade do edificado, verificamos que os indivíduos mais vulneráveis encontram-se localizados em diversos edifícios assinalados como tendo grande probabilidade de colapsar (Fig. 44), mais precisamente em 12 edifícios identificados como tendo grande probabilidade de colapsar.

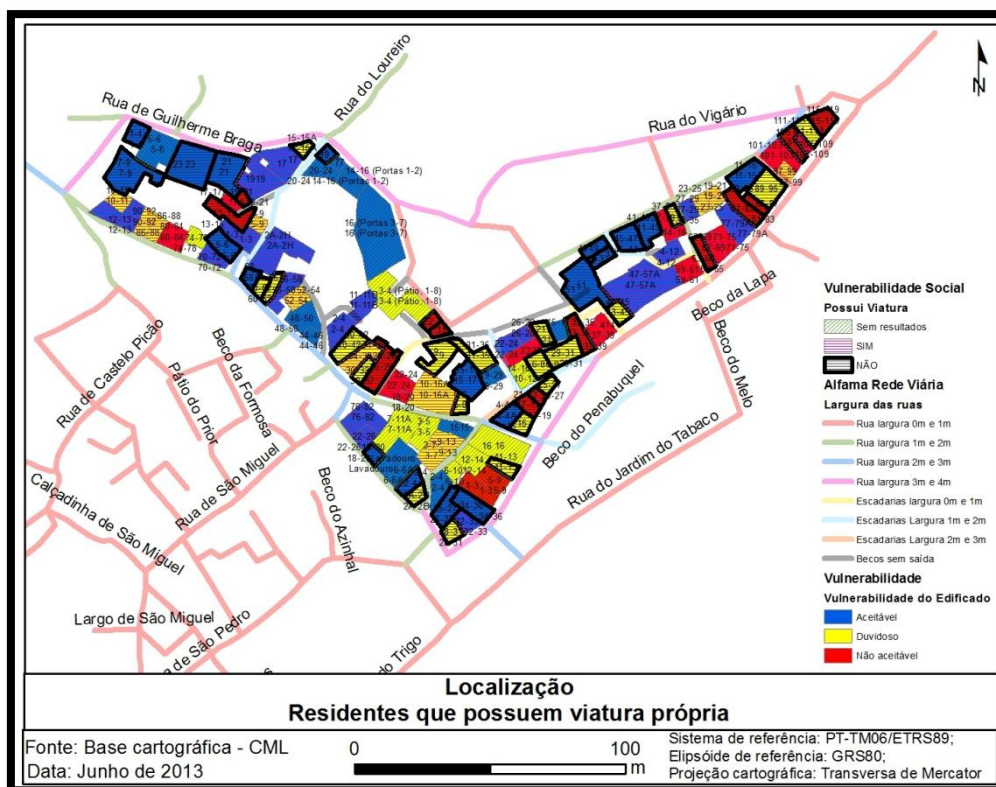


Fig. 44 - Possuem viatura própria ou não/Vulnerabilidade do edifício

Fazendo uma análise multicritério das 4 componentes referentes à vulnerabilidade social (Socioeconómico, Composição do agregado familiar, Nacionalidade, Habitação/transporte), assumiu-se que estas teriam o mesmo peso explicativo por não haver nenhuma referência no modelo extraído do trabalho de Barry et al. (2011), e aplicado por nós no estudo da vulnerabilidade social dos residentes de Alfama. Ou seja, a vulnerabilidade social corresponde à média aritmética das 4 componentes: $(V1+V2+V3+V4)/4$.

Assim, procedeu-se à classificação dos indivíduos (Fig. 45) quanto ao seu grau de vulnerabilidade como Baixa ($\leq 0,25$), Moderada (compreendido entre 0,25 e 0,5625) e Elevada ($> 0,5625$), pela análise dos 4 componentes.

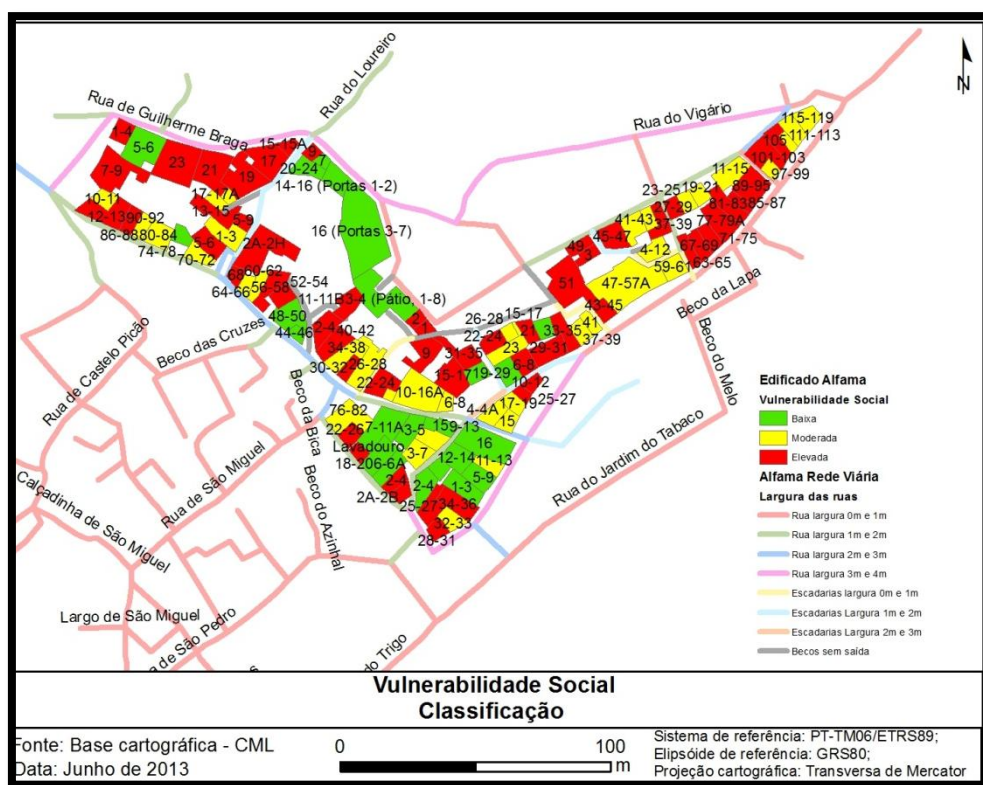


Fig. 45 - Classificação quanto ao grau de vulnerabilidade

Através da análise obtida do estudo da vulnerabilidade do edifício e social, foi possível com recurso à sobreposição de resultados identificar e localizar (Fig. 46) o local onde a conjugação das duas variáveis apresentam um elevado grau de vulnerabilidade.

7. Medidas de mitigação

Neste capítulo pretende-se apresentar um conjunto de técnicas de intervenção que levam à diminuição da vulnerabilidade sísmica dos edifícios em estudo.

Como tem sido referido ao longo dos capítulos anteriores, os edifícios e seus métodos construtivos apresentam uma baixa a média qualidade, quer pelos processos de degradação a que estão expostos, quer pelas alterações que têm sido implementadas sem regras.

Sendo estas características extremamente importantes para o desempenho do edifício como um todo perante uma solicitação sísmica, a implementação de medidas de reforço de forma a atenuar, ou evitar, algumas deficiências, teriam um papel muito importante no decréscimo da vulnerabilidade sísmica.

Desta forma, torna-se imperativo nesta tese considerar as medidas de prevenção a aplicar, quer sejam estruturais, quer não estruturais.

Medidas estruturais, são todas as medidas de construção física que têm por objetivo reduzir, ou até mesmo evitar, os impactos decorrentes de perigos, ou a aplicação de técnicas de engenharia que permitam a resistência ou resiliência de estruturas ou sistemas, que mais à frente iremos identificar e desenvolver.

Medidas não estruturais, são aquelas que consistem em qualquer medida que não envolva construções físicas, mas que utilize o conhecimento, prática ou acordos com o objetivo de reduzir os riscos e impactos, particularmente através de políticas, lei e sensibilização pública – aviso público, treino e educação.

Podemos incluir nesta uma alteração e um rigor relativamente aos licenciamentos de novas edificações, de espaços comerciais, de vias de acessos, simulacros e ações de formação e sensibilização da comunidade residente.

7.1. Estimativa de custos

As catástrofes naturais fazem parte da dimensão trágica da história da civilização humana.

Segundo um colóquio realizado sobre o tema “Catástrofes Naturais, uma Realidade Multidimensional”, Gomes e Saraiva (2012) referiram-se a uma diminuição ao longo de duas décadas, entre 1970-1990, de cerca de 1 milhão e duzentas mil mortes, consequência de desastres naturais.

No entanto, esses números aumentaram significativamente em termos mundiais, no período 1995-2005, devido às constantes alterações climáticas, atividades sísmicas e vulcânicas provocando, para além do crescimento em número de mortos, um valor muito elevado de prejuízos económicos (cerca de 545 mil milhões de euros).

Ainda segundo Gomes e Saraiva (2012), na realidade europeia, num período compreendido entre 1998-2009, verificou-se cerca de 100.000 mortos e cerca de 150 biliões de euros em prejuízos económicos.

Parafraseando Albert Einstein, "*I never think of the future. It comes soon enough*" - é imperativo pensar o futuro, para que ele nos não surpreenda fatalmente.

É importante considerar o risco inerente à perda de vidas humanas e quais os prejuízos que isso acarreta para uma sociedade, bem como a importância da implementação, ou não, de medidas mitigadoras.

Nos edifícios classificados com comportamento duvidoso, carecem de um estudo mais aprofundado, caso a caso, e dos seus danos, de forma a avaliar o tipo de reabilitação que os mesmos necessitam.

Uma das grandes preocupações das entidades públicas e privadas são os danos económicos e as perdas de vidas humanas e de património histórico e urbano que tamanha tragédia poderá provocar.

Para se obterem estimativas de impactos económicos no edificado, analisaram-se 8 projetos de reabilitação da autoria de Appleton e Domingos, Arquitetos Lda. Os elementos para análise foram obtidos na documentação de que fazia parte de elementos de um concurso.

Estes carecem de informações relativas a medições, orçamentos, peças desenhadas, cadernos de encargos e memórias descritivas e justificativas, com os mesmos métodos de construção, materiais e procedimentos por se tratar de obras de reabilitação de edifícios antigos.

Foi possível obter documentação relativa a dois edifícios localizados em Alfama, mais concretamente no Beco Espírito Santo (inserido no nosso perímetro de estudo) e outro próximo na Rua S. João da Praça, com todas as condicionantes que imperam no local.

Os valores de reconstrução por metro quadrado em Alfama, segundo os valores praticados, são superiores aos valores praticados em outros lugares da cidade de Lisboa

(J. Appleton, comunicação pessoal, 15 de dezembro, 2013). O que nos leva a concluir que foram tomadas em conta as condicionantes características do bairro, tais como as ruas estreitas, a falta de local para implantação de estaleiros, a falta de local para cargas e descargas de materiais, entre outros.

As empreitadas de reconstrução a que tivemos acesso são recentes: a do Beco do Espírito Santo, em 2012 e a da Rua S. João da Praça, em 2012-2013, sendo o valor de reabilitação de 930 euros por m².

Calcularam-se as áreas de 29 edifícios com grandes probabilidades de colapsar:

- Largo do Salvador, n.º 5 e 6 (A=283,20m²);
- Rua da Regueira, n.º 80 a 84 (A=584,85m²);
- Beco do Loureiro, n.º 15 a 21 (A=1.444,80m²);
- Rua da Regueira, n.º 26 a 28 (A=631,20m²);
- Beco do Carneiro, n.º 4 a 8 (A=606,15m²);
- Rua da Regueira, n.º 18 a 24 (A=1.499,40m²);
- Escadinhas de Santo Estevão, n.º 18 a 20 (A=856,80m²);
- Rua dos Remédios, n.º 1 a 9 (A=1.474,63m²);
- Rua dos Remédios, n.º 17 a 23 (A=644,16m²);
- Rua dos Remédios, n.º 35 a 39 (A=1.034,61m²);
- Rua dos Remédios, n.º 59 (A=509,10m²);
- Rua dos Remédios, n.º 63 a 73 (A=1.818,18m²);
- Rua dos Remédios, n.º 81 a 87 (A=1.088,61m²);
- Rua dos Remédios, n.º 101 a 109 (A=1.326,60m²);
- Rua dos Remédios, n.º 115 a 117 (A=388,92m²);
- Rua de Santo Estevão, n.º 37 a 39 (A=321,39m²);
- Beco Maria Guerra, n.º 14 a 16 (A=289,80m²).

Para estes 29 edifícios, com uma área coberta de 14.862 m², o custo da sua reconstrução é de 13.822.395 euros.

Para o cálculo do volume de escombros a remover consideraram-se os seguintes

parâmetros:

- Altura do edifício.
- Área de construção.

Para o cálculo da quantidade de escombros a remover em m^3 considerou-se que desses m^3 , 1/3 são vazios.

Trata-se de um critério adotado pela Direção Municipal de Projeto e Obras – Departamento de Construção e Conservação de Habitação – Divisão de Execução de Obras Municipais de Habitação, da Câmara Municipal de Lisboa, quando lança os concursos para demolição do edificado urbano da cidade em risco de ruir.

Para o cálculo dos custos associados à remoção dos escombros, considerámos o valor de 11,75 euros por m^3 , utilizado pela CML, no departamento atrás referido, para a remoção de detritos provenientes do colapso.

Como a maior parte dos edifícios tem uma altura que varia entre os 12 e 16 metros, considerámos uma altura média de 14 metros, sendo o valor final apurado apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 - Valor total necessário para remoção de escombros por edifício

Remoção de escombros				
Alt. média do edifício [m]	Quantificação de escombros [m^3]	Remoção para vazadouro [m^3]	€/m ³	Total remoção [€]
14	208 079	138 719	11,75	1 629 952

O valor total necessário para a remoção de escombros dos 29 edifícios cuja probabilidade de colapso é elevada, é estimada em **1 629 952 euros**.

Optámos apenas por salientar os danos ao nível do edificado, pois não referimos todas as infraestruturas que provavelmente ficarão danificadas e inoperacionais com necessidades urgentes de reabilitação e reparação.

Concluimos, assim, que o valor total estimado, relativo à reconstrução dos 29 edifícios suscetíveis de colapsar, considerando-se também a remoção de escombros, será na ordem de **15 452 347 euros**.

7.2. Medidas estruturais de mitigação

O sismo é considerado um perigo rápido, ou seja, não se anuncia e como tal é preciso preparar as estruturas para serem suficientemente resistentes para permitir salvar o maior número de vidas e de património.

Como já referido, medidas estruturais são todas aquelas medidas de construção física que têm por objetivo minimizar ou evitar os impactos decorrentes de um sismo e, para tal, existe uma série de técnicas construtivas que permitem dar cumprimento a esta diretriz, sendo soluções estruturais e não estruturais.

A complexidade e a dificuldade inerente a este tipo de projetos de intervenção nas estruturas antigas obriga a que o seu planeamento e a sua preparação sejam executados de forma muito cuidada e estudada caso a caso.

Igualmente a sua complexidade e o estado de degradação das mesmas pressupõe uma seleção cuidada das técnicas a utilizar em cada situação e constituí, por si só, um enorme desafio para os técnicos responsáveis.

7.2.1. Soluções estruturais

As soluções estruturais a adotar são as mesmas adotadas em diversos edifícios com as mesmas características (Appleton, 2011) e poderão consistir, essencialmente, na reposição das pré-existências e na reparação de anomalias encontradas, afastando-nos desta regra apenas quando há necessidade de executar reforços. Os reforços de índole estrutural que possivelmente poderão ser utilizados são:

- Reforço ou recalçamento de fundações, por intermédio de microestacas ou por aumento da área de fundação.
- Reforços de elementos de alvenaria feitos com adição de tirantes, de lâminas, por injeção de fendas, com caldas ou argamassas adequadas, ou execução de encasques, paredes periféricas.
- Reforço de zonas degradadas de elementos de madeira mediante a substituição por resinas poliméricas ligadas por ferrolhos às secções originais.
- Substituição de troços de elementos de madeira cuja conservação pelo método indicado antes não seja possível.
- Substituição de vigas de madeira cujo estado de degradação inviabilize qualquer uma das soluções anteriores.
- Reforços de elementos de madeira a manter mediante empalmes de adição de novos elementos de madeira ou aço.
- Reforços de pavimentos de madeira, quando houve substituição de paredes, aumento de cargas permanentes ou por estes apresentarem excessivas

deformações, por intermédio de perfis metálicos aplicados perpendicularmente ou em paralelo às vigas de madeira.

- Reparação de elementos metálicos corroídos, com uma limpeza feita com escovas de aço, seguida de aplicação de primário de zinco (metalização a frio) ou de resina *epoxy* de zinco e alumínio, seguida de aplicação de sistema de proteção contra a corrosão com sistema de pintura à base de resinas *epoxy*, acrílicas ou de borracha clorada, compatíveis com o primário.

7.2.2. Soluções não estruturais

As soluções não estruturais estão relacionadas (Appleton, 2011) com a compatibilização de matérias e técnicas de forma a corrigir as anomalias existentes, e são as seguintes:

- Reposição de rebocos em zonas afetadas por eflorescências e humidades, com reposição do reboco em 3 camadas nas zonas afetadas, após prévio encasque, começando pelo salpico de cimento e areia ao traço 1:2 (espessura 3mm), seguido de um esboço com argamassa de cimento, cal aérea e areia 1:1:6. A espessura da camada de acabamento deverá situar-se entre 5 e 10mm, de forma a que a espessura total do reboco seja de 20mm.
- Reparação de rebocos degradados ou de base cimentícia, com a reposição de rebocos compatíveis com o suporte existente, de acordo com a metodologia já descrita.
- Reparação de pinturas descamadas com tintas compatíveis, ou mediante o restauro das camadas originais com valor decorativo, que por vezes existiam.
- Reparação de caixilharias degradadas cujo mau desempenho põe atualmente em causa a conservação do interior do edifício, através de entradas de águas de chuva. A reparação deve ser feita de forma a que não entre, novamente, água no interior da estrutura.
- Drenagem de águas pluviais e impermeabilização de novas fundações, de forma a minimizar o arraste de finos e protegendo a estrutura contra a humidade ascendente do solo.
- Restauro dos tetos com revestimentos com valor decorativo, mediante a consolidação das existências e a reconstrução das zonas colapsadas.
- Reparação dos empolamentos e desagregações dos tetos sem valor decorativo

com aplicação de novo fasquiado, caso não seja possível aproveitar o existente, de madeira de pinho, estabilizada e impregnada em profundidade com sais, sobre os quais será refeito o revestimento.

7.2.3. Exemplo de reforços tipo

No âmbito da caracterização estrutural são criteriosamente selecionadas diversas zonas onde as patologias de edifícios desta natureza e desta época apresentam características que ajudam a identificar a estrutura do edifício (Appleton, 2011).

Muitas das técnicas de reforço existente no mercado na construção civil têm um elemento comum - reabilitar, reforçar e respeitar a traça original arquitetónica -, sendo os seguintes processos utilizados:

- Reforços de elementos de alvenaria feitos por encasques (Fig. 47)

Técnica recomendada na consolidação de paredes resistentes de alvenaria, que consiste na substituição de material degradado por novo com a utilização de argamassas sempre que possível (tradicionais de cimento e areia). A grande vantagem desta técnica é que é possível assegurar a compatibilidade entre o material novo e o existente.

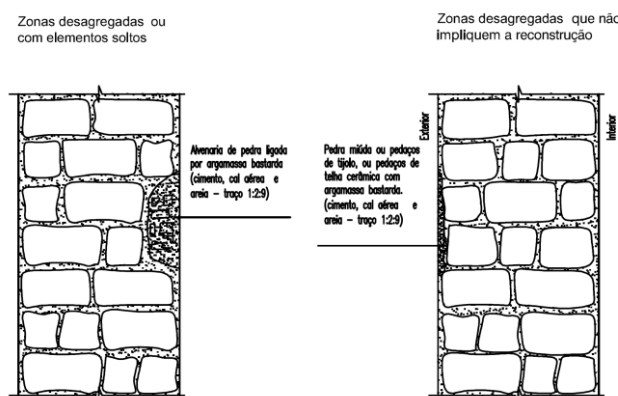


Fig. 47 - Reforço de parede de alvenaria, feito através de encasques

Fonte: (Appleton, 2011)

- Reforços de vigas de madeira deterioradas nos apoios (Fig. 48)

Técnica que consiste, uma vez mais, na substituição de troços de peças danificadas com utilização de pregagens entre elas com parafusos de diâmetro de 10mm para que torne a peça resistente às solicitações a que está sujeita, sendo depois reforçada nas suas juntas, através de uma chapa de aço.

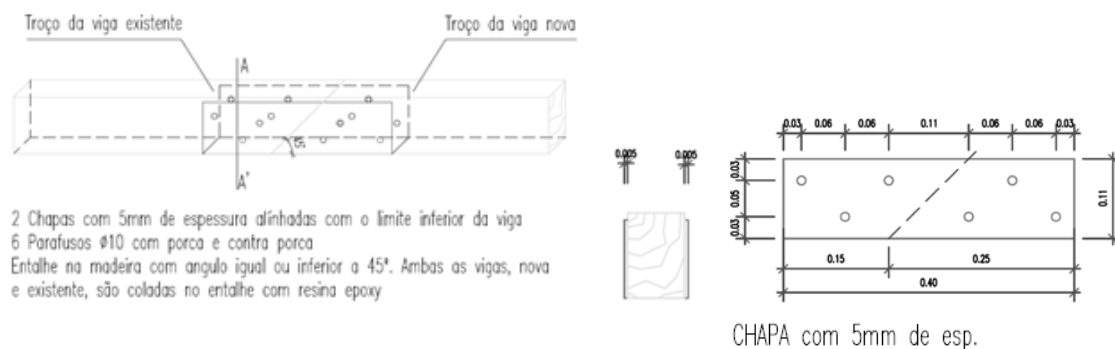


Fig. 48 - Reforço de vigas de madeira

Fonte: (Appleton, 2011)

- Reforços de zonas degradadas de elementos de madeira mediante a substituição por resinas poliméricas ligadas por ferrolhos às secções originais (Fig. 49)

Na união de duas peças degradadas em madeira utiliza-se o reforço da zona danificada através da injeção de resinas poliméricas posteriormente gateadas por ferrolhos.

Estes elementos devem, preferencialmente, estar interligados, de modo a assegurar a solidarização profunda das peças.

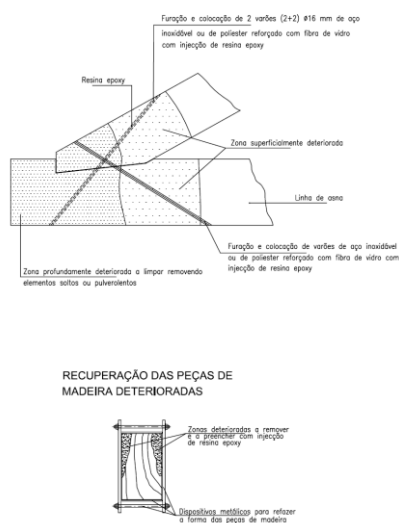


Fig. 49 - Reforço de peças de madeira, com a introdução de resinas poliméricas

Fonte: (Appleton, 2011)

- Reforços de elementos de alvenaria feitos por injeção de fendas (Fig. 50)

Esta técnica aplica-se com maior frequência em problemas de desagregação e/ou fendilhação localizada ou acentuada da parede, e consiste na injeção de uma cauda fluída cimentícia, hidráulica ou de resinas, através de furos criados nos paramentos externos da alvenaria, tendo como objetivo o preenchimento

das cavidades existentes, sejam fendas, fissuras ou vazios interiores.

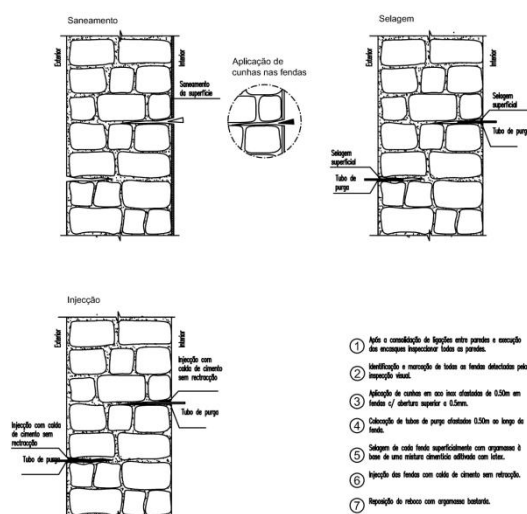


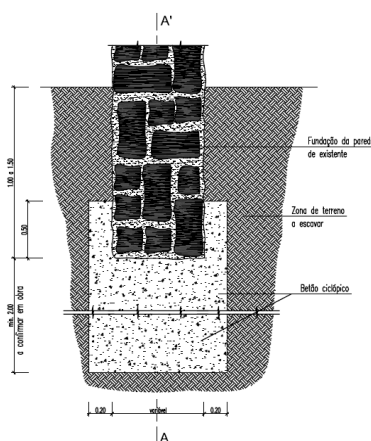
Fig. 50 - Reforço de paredes de alvenaria através de injeção de fendas com caldas

Fonte: (Appleton, 2011)

- Recalçamento de fundações em paredes sem lâmina de betão (Fig. 51)

Técnica utilizada quando as fundações se apresentam com enormes vazios, ou até mesmo quando não existe fundação.

Esta tem como função a estabilização do edifício, e consiste na execução de um maciço em betão armado, com tirantes em aço galvanizado a prender a fundação existente à parede de alvenaria de fundação, dando assim a esta uma solidez e resistência a todo o paramento.



NOTA:

- A altura efectiva da fundação deve ser definida em obra, depois de ser avaliado a resistência do terreno. Todos os camadas de terra devem ser removidas

Fig. 51 - Reforço de fundações

Fonte: (Appleton, 2011)

- Reforços de alvenaria feitos com a adição de tirantes (Fig. 52)

A consolidação das paredes e a melhoria do seu comportamento sísmico, através do reforço das ligações entre paredes ortogonais, pode ser conseguido com a colocação de tirantes de aço galvanizado, embebidos nas alvenarias e devidamente ancorados nas extremidades, por meios de dispositivos que asseguram a sua amarração nas faces exteriores dos paramentos.

Estes destinam-se a impedir a possibilidade das duas paredes se movimentarem, uma em relação à outra, sob a ação sísmica.

Além disso, tem um efeito confinante para os pavimentos e facilita a transferência das forças de inércia que atuam fora do plano das paredes.

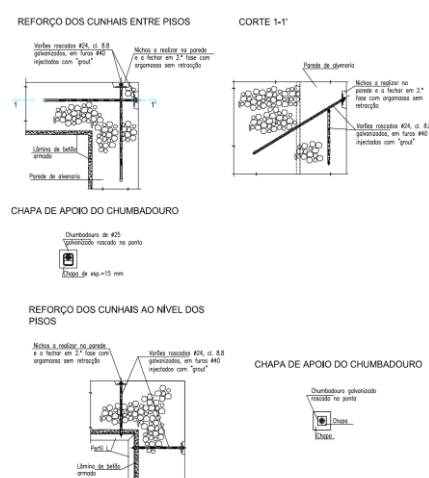


Fig. 52 - Reforço de paredes de alvenaria com aplicação de tirantes

Fonte: (Appleton, 2011)

7.2.4. Medidas preventivas às condicionantes no local

Como já foi referido as condicionantes existentes na área de estudo são:

- Estruturas de andaimes.
- Estruturas de contenção de fachadas.
- Coberturas provisórias.
- Degraus.
- Estendais.
- Aparelhos exteriores de ar condicionado.
- Toldos.
- Esplanadas de restaurantes e bares.

Pretendem-se apresentar medidas de mitigação das dificuldades que este tipo de estruturas pode apresentar na circulação das forças de emergência após a ocorrência de um sismo.

São necessárias coberturas provisórias para uma boa execução dos trabalhos, mas estas vêm, de alguma forma, contribuir para mais um obstáculo nas estreitas vias de acesso. No entanto, existem algumas práticas que podem mitigar as vulnerabilidades acrescentadas por este tipo de estruturas.

Podemos sempre aproveitar a modulação característica deste tipo de bairro, onde as ruas e vielas estreitas poderão servir de apoios a escoras horizontais, em forma de pórtico, deixando estas vias desimpedidas na totalidade da largura e altura necessária aos meios mecânicos de socorro, e a partir destes pórticos, ser apoiada a cobertura provisória (Fig. 53).

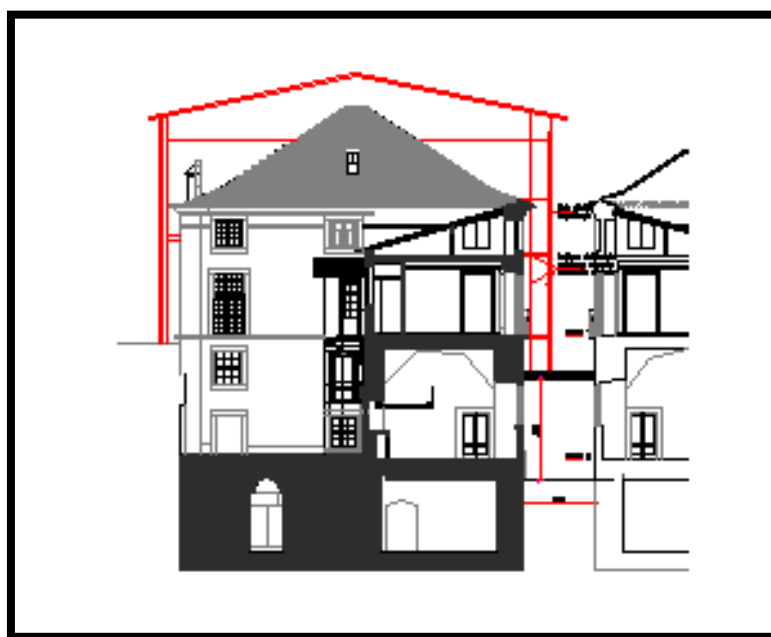


Fig. 53 - Cobertura provisória - Desenho autocad. Autoria própria

São necessárias contenções de fachadas em estrutura metálica para que há-ja segurança durante a execução da obra, mas estas vêm de alguma forma impedir a circulação nas vias onde estão implementadas.

Existem inúmeras soluções no mercado que poderão ser adaptadas e adotadas para este tipo de trabalho, nomeadamente as contenções em consola, aproveitando o mesmo processo atrás (Fig. 54).

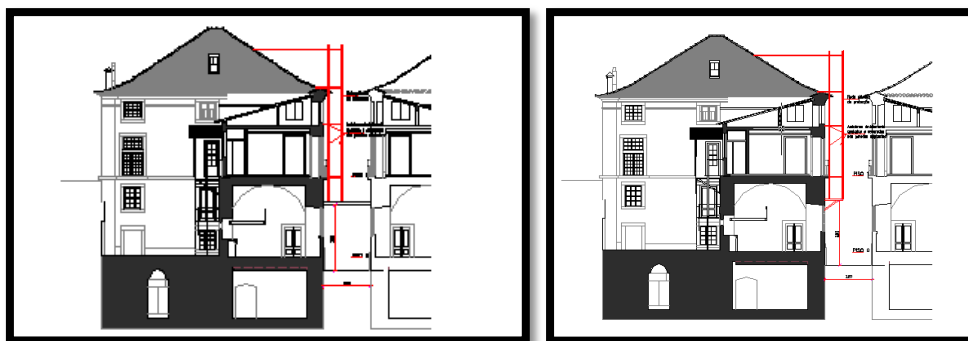


Fig. 54 - Tipos de andaimes - Desenho autocad. Autoria própria

São necessários andaimes em estrutura metálica, adotando-se uma solução de consola com escora ao prédio, o que pode deixar a via desimpedida na sua totalidade para a circulação rodoviária necessária (Fig. 55).

Numa breve pesquisa de mercado encontram-se soluções que se inserem bem neste tipo de bairro e que poderão ser adotadas (Fig. 56).

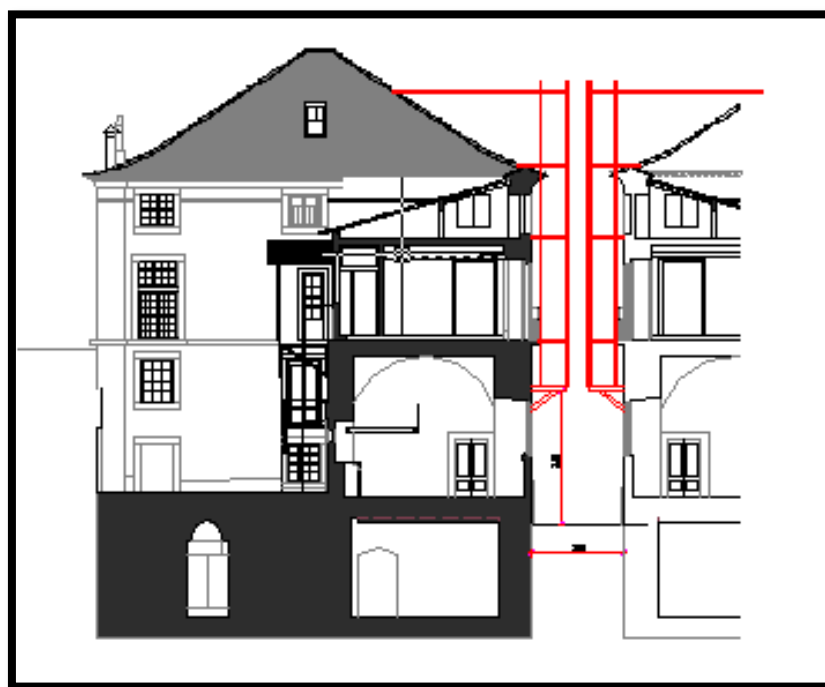


Fig. 55 - Andaimes apoiados em consola - Desenho autocad. Autoria própria

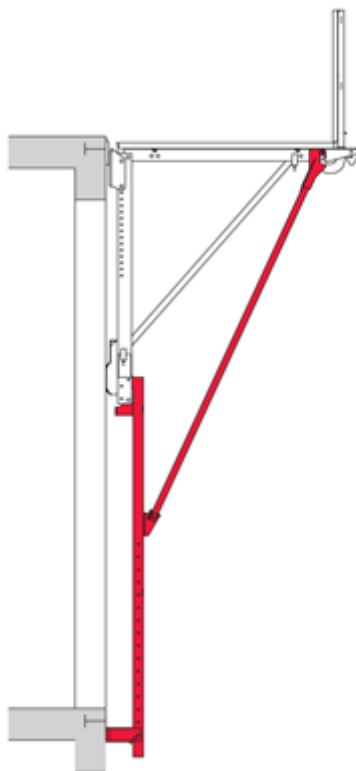


Fig. 56 - Exemplo de um troço de andaime em consola
Fonte: Imagem retirada do site da PERI Portugal

Todas as soluções apresentadas anteriormente poderão ser rentabilizadas, pelas mesmas funcionarem também como elementos de reforço estrutural durante a execução das obras relativamente aos edifícios confinantes e adjacentes, impedindo que os edifícios vizinhos venham a apresentar danos provocados pelos que estão com obras em curso.

No entanto, é de salientar que a situação ideal seria que todas as obras de reabilitação que adotassem estas e outras soluções fossem devidamente executadas no menor tempo possível, de forma a não criar entropias à vivência do Bairro, nem tampouco a qualquer necessidade de socorro.

A situação ideal seria que não existisse um tão elevado número de prédios devolutos, que criam situações graves de risco de colapso face a uma catástrofe sísmica e de elevado nível de combustão provocado pelo avançado estado de degradação em que se encontram.

Abordando a realidade comercial existente neste tipo de bairros históricos, onde os comerciantes aproveitam as ruas, becos e vielas, com a implantação de esplanadas, mesas, cadeiras, chapéus-de-sol e toldos, tendo por objetivo estimular e dar vida aos seus negócios, mas sem se aperceberem que estão igualmente criando condicionantes

para a circulação em caso de socorro.

É necessário planejar este tipo de atividades, fiscalizar e penalizar o não cumprimento das regras de licenciamento que cada espaço necessariamente obriga, e aproveitar espaços amplos para a implantação das necessidades que este tipo de comércio implica, pois nem todos os edifícios têm características para o funcionamento de um restaurante, café ou bar.

Para além da informação prestada aos proprietários dos espaços comerciais relativamente à necessidade de possuírem um plano de emergência para a retirada rápida de mesas, cadeiras ou estrados em madeira, é importante definir e colocar sinalética de evacuação para a utilização das diversas ruas, ruelas, becos e escadas (Fig. 57).



Localização:	Rua Regueira	Beco do Alfurje	Rua da Regueira
Condicionante:	Bancadas de vendas na rua	Esplanada de rua	Esplanada na rua

Fig. 57 - Condicionantes criadas pelo comércio - Imagem própria

Neste sentido, e tendo em conta os resultados obtidos para as vias e condicionantes presentes, os caminhos de evacuação deverão ser os que estão identificados na Fig. 58.

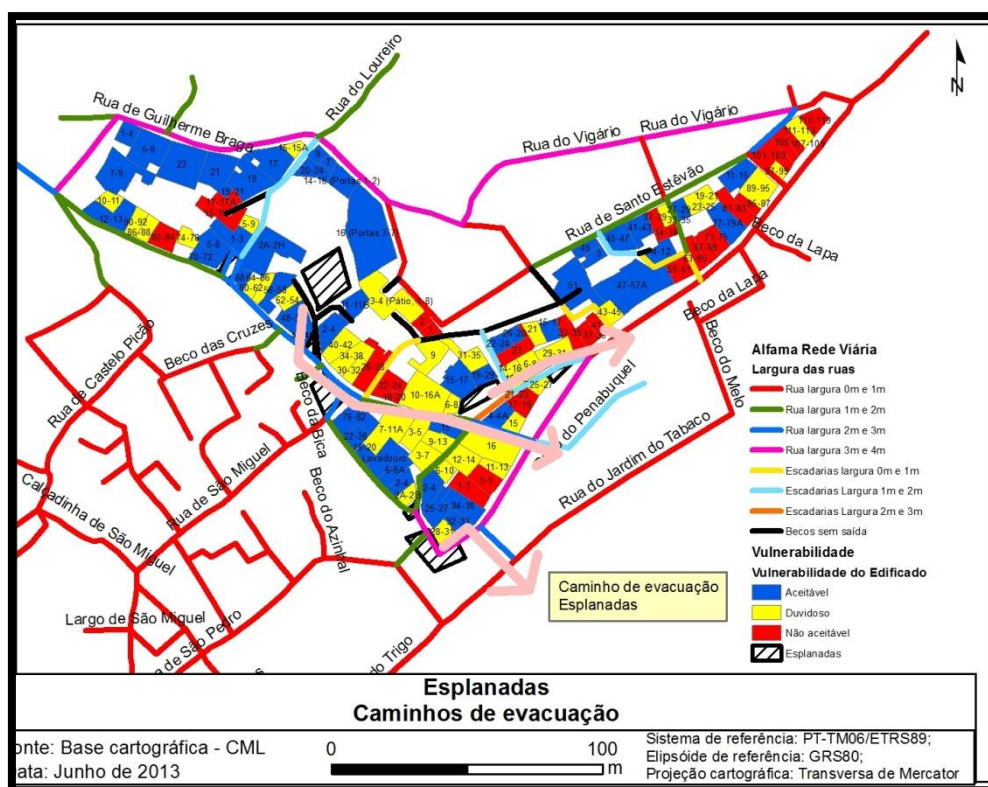


Fig. 58 - Caminhos evacuação de esplanadas

Há que mobilizar a comunidade residente, juntas de freguesias e autarquias no sentido de se unirem e implementarem no imediato estas medidas que se afiguram pacíficas e fáceis de implementação.

Mais uma vez salienta-se a urgência de um programa pensado e implementado de licenciamento com consciência de espaços comerciais e começar a repensar o critério de licenciamento das obras particulares e municipais, iguais às medidas adotadas pelo Engenheiro Mor do Reino Manuel da Maia, nomeado pelo então Marquês de Pombal. Essas medidas resultaram em prejuízo de alguns proprietários que sofreram redução nas suas áreas de implantação, mas que foram compensados por poderem ganhar essa mesma área em altura nos edifícios que fossem reconstruídos, medida algo polémica na época mas que se veio a verificar de grande importância, dada a prioridade de aumentar as vias de acesso e torná-las acessíveis ao socorro.

7.2.5. Equipas de voluntariado de bairro

Existem já algumas medidas adotadas pela autarquia no sentido de organizar equipas de 1ª intervenção, uma vez que numa situação de catástrofe existe um período de tempo até à resposta organizada dos serviços de emergência. Assim sendo, a autarquia de Lisboa, em parceria com a junta de freguesia de St. Estevão, criou um grupo de voluntariado

denominado BALA – Brigadas de Apoio Local de Alfama, indo ao encontro da preocupação relativa às medidas de socorro imediatas que são necessárias num cenário de desastre.

Brigada de Apoio Local:

As Brigadas de Apoio Local são equipas constituídas por elementos da população que residem e/ou trabalham em centros urbanos antigos e que, em regime de voluntariado, se comprometem a desempenhar um conjunto de missões em situações de emergência, bem como ações de carácter preventivo definidas no programa de atividades.

O trabalho voluntário a que os elementos das Brigadas (Fig. 59) se comprometem, obedece ao princípio da gratuidade, o que pressupõe que o mesmo não é remunerado, não podendo estes voluntários receber subvenções ou donativos pelo exercício das suas funções.

As Brigadas de Apoio Local têm como missão:

- No âmbito da prevenção:
 - Identificação de riscos e vulnerabilidades.
 - Identificação de locais de apoio à população.
 - Levantamento de meios e recursos.
- No âmbito da emergência:
 - Apoio no resgate e evacuação da população.
 - Primeira avaliação de danos.
 - Acolhimento nos pontos de encontro.
 - Apoio logístico.
 - Primeiros socorros.



Fig. 59 - Exemplos de trabalhos efetuados pelos voluntários

Existem também algumas medidas adotadas pela autarquia no sentido de colocar à disposição dos moradores os chamados “extintores públicos”. Estes são colocados em algumas casas particulares no sentido de permitirem um ataque imediato de combate a um incêndio pontual até à chegada dos Bombeiros.

No entanto, grande parte dos moradores efetivos do bairro carece de outras necessidades diárias. Nesse sentido, a autarquia organizou um plano intitulado S.Ó.S Lisboa, dirigido à população idosa, que engloba uma linha telefónica através da qual, em parceria com alguns parceiros sociais, a CML pretende sensibilizar a comunidade para a efetiva vulnerabilidade em que se encontram os idosos, ou pelo isolamento em que se encontram ou pelas dificuldades físicas que apresentam.

Neste contexto, a CML disponibilizou um número gratuito (800 204 204), de forma a dar resposta urgente a situações de risco e isolamento a que estão sujeitos os idosos de Lisboa.

Esta infraestrutura de socorro está concentrada na Sala de Operações Conjunta (SALOC), onde se encontram elementos da Proteção Civil, Bombeiros Sapadores e Polícia Municipal, durante 24h por dia e 365 dias por ano.

Ao ser acionado o número verde, é imediatamente dado o alerta que desde logo aciona a ação de socorro necessária.

8. Conclusões

8.1. Síntese do trabalho elaborado

8.1.1. Breve descrição do trabalho

O estudo elaborado no âmbito desta tese foi dedicado aos temas da vulnerabilidade sísmica nos edifícios, da vulnerabilidade das vias e da vulnerabilidade social dos residentes de Alfama.

Numa primeira fase, desenvolveu-se uma metodologia de avaliação de edificado que implicou muito trabalho de campo, assente na análise visual exterior dos edifícios, apoiado por uma *check list* criada para o efeito, onde se assinalou um conjunto de parâmetros de natureza qualitativa e quantitativa e do qual resultou um índice de vulnerabilidade dos edifícios que envolvia três classificações: “aceitável”, “duvidoso” e “não aceitável”.

No entanto, o trabalho desenvolvido poderia ser mais rigoroso, caso todos os elementos arquitetónicos solicitados fossem disponibilizados, o que não foi possível.

Durante o trabalho de campo avaliou-se as vias de acesso relativamente às condicionantes existentes nas mesmas, quanto às suas larguras, à existência ou não de esplanadas, existência parelhos de ar condicionado exteriores, toldos, estendais e existência de escadas, de forma a concluir-se quais as vias que servem apenas de circulação pedonal e aquelas que poderiam ser igualmente de circulação rodoviária.

Por fim, e seguindo a mesma metodologia e com recurso a um inquérito elaborado diretamente aos residentes, foi possível obter um índice de vulnerabilidade baseado no perfil familiar, socioeconómico, nacionalidade e posse de viatura.

8.1.2. Avaliação de resultados

Foi objetivo principal desta tese, o estudo da vulnerabilidade sísmica do edificado, das vias de acesso e social e a posterior integração desses resultados num Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Essa cartografia deu possibilidade à construção de cenários de dano, localização de zonas críticas, corredores de emergência e identificação de edifícios de elevada vulnerabilidade social, servindo de apoio à elaboração mais rigorosa e eficaz possível dos resultados obtidos.

Conjuntamente com este propósito, houve necessidade de desenvolver uma série de

objetivos paralelos, entre os quais: recurso a *software* apropriado (SAP200) para identificação de cenários, medições de vias, escadas e becos e análise de resultados sociais com recurso a *software* de estatística (SPSS) de forma a classificar o grau de vulnerabilidade baseado no perfil familiar, socioeconómico, nacionalidade e posse de viatura.

Quanto à caracterização do grau de vulnerabilidade dos 120 edifícios, o cenário suportado pelas análises elaboradas aponta para:

- Cerca de 24,16% do edificado, perante um cenário de sismo, apresenta um conjunto de características que lhe confere uma probabilidade elevada de colapso para o sismo referenciado.
- Nas mesmas condições, cerca de 34,16% do edificado apresentará com muita probabilidade danos elevados que poderão provocar desalojados ou feridos e necessidade de intervenção imediata para sua estabilização.
- O restantes edificado (cerca de 41,66%) terá, à partida, muita menor probabilidade de sofrer danos maiores, sendo previsível que apresente um comportamento aceitável relativamente a um cenário de sismo.

Quanto à caracterização do grau das vias de acesso pedonal e rodoviário, o cenário suportado pelas análises elaboradas aponta para:

- A nossa área de estudo é constituída por 1.249,67 metros lineares de vias de acesso, que se traduzem por ruas, becos e escadas, sendo as escadas constituídas por 282,26 metros lineares que significa que cerca de 22,58% das vias desenvolvem-se em escadarias, o que em termos de fuga ou socorro será um cenário não muito favorável.

Quanto à caracterização do grau das zonas críticas e vias de emergência, o cenário suportado pelas análises elaboradas aponta para:

- Cerca de 41,46% das vias de acesso estudadas no âmbito desta tese, são apontadas como corredores de emergência, contrastando com 58,54% de vias que devido a prováveis colapsos de estruturas poderão ficar obstruídas.

Quanto à caracterização do grau da vulnerabilidade social, o cenário suportado pelas análises elaboradas aponta para:

- Num universo de 120 edifícios estudados e 162 pessoas inquiridas, em cerca de

15%, ou seja, 18 edifícios identificados e cartografados, a vulnerabilidade social é elevada, mediante os fatores atrás referidos.

- Verificou-se que cerca de 4,9%, de um universo de 162 pessoas, foram identificadas com mobilidade reduzida. Salienta-se ainda, a existência de dois edifícios, nomeadamente na Rua dos Remédios 111 a 113 e nas Escadinhas de St. Estevão 23, que apresentam maior perigo para esses indivíduos com mobilidade reduzida, pelo facto de o primeiro estar entre dois edifícios com elevadas probabilidade de derrocada e de o acesso ao segundo se efetuar através de uma escadaria, cartografada com “vulnerabilidade elevada”.

8.2. Comentário final

Como comentário final, não podemos deixar de referir a importância que este tipo de trabalhos assume, numa área em que as necessidades e a urgência de intervenção são cada vez mais presentes.

Um artigo publicado há bem pouco tempo e divulgado pelas redes sociais vem apontar para os enormes riscos que a cidade de Lisboa corre perante uma ameaça constante de um sismo de grande intensidade e como esta não se encontra preparada.

Interrogados, alguns especialistas na matéria avisam que Portugal pode sofrer em qualquer momento um sismo e um *tsunami*.

A Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica alerta para diversos núcleos centrais de funcionamento e imprescindíveis nestas situações extremas, que não se encontram preparados para um sismo, nomeadamente os Hospitais.

No entanto uma certeza científica existe “*pode ser amanhã, pode ser depois de amanhã. É errado pensar que só será em 2755*”, disse em entrevista à TVI Maria Ana Viana Baptista, geofísica.

Quanto ao edificado urbano “*conhecendo a cidade de Lisboa, receio que possamos ter riscos acentuados em mais de 50 por cento dos edifícios da cidade*”, disse João Appleton, engenheiro civil.

É importante conhecer as vulnerabilidades das nossas construções, particularmente das mais antigas, de forma garantir a segurança das pessoas que vivem e visitam o Bairro de Alfama e assim garantir também a preservação do património arquitetónico que conta também um pouco da nossa história a gerações futuras.

Caso contrário, as nossas construções irão cada vez mais entrar num processo acelerado de degradação e continuarão a apresentar um perigo real para os seus utilizadores e uma perda da identidade nacional ímpar.

As construções, as ruas e a própria vivência de Alfama resultam de uma enorme reconstrução ocorrida após o terremoto de 1755 e que, na altura, devastou cerca de dois terços dos edifícios da zona.

Há que repensar os espaços, há que analisar a implementação de estruturas definitivas ou móveis e implementar-lhes regras, há que avaliar os acessos e adotar medidas alternativas para a funcionalidade do bairro.

É urgente intervir junto dos órgãos de poder, no sentido de legislar de forma específica, no interesse e salvaguarda do nosso património edificado e humano.

Durante a elaboração deste estudo foi apurada uma quantia prevista relativa a prejuízos relativos a edifícios com elevada probabilidade de colapso, no valor de **15 452 347 euros**, que poderão ser evitados, caso as medidas preventivas sejam previamente implementadas.

Numa abordagem de trabalho futuro, poderíamos estudar e quantificar o valor em termos económicos implicados na implementação destas medidas preventivas e chegar a conclusões que ajudassem entidades políticas a abordar o tema de outra forma e até mesmo junto da UE – União Europeia, no sentido de sensibilizar esta entidade sobre a importância e a diferença entre prevenir e reconstruir.

No fundo, há que pensar e repensar a que é que damos mais valor, se à vida ou a querer continuar na ignorância, porque...

“...sempre haverá mais ignorantes que sabedores, enquanto a ignorância for gratuita e a ciência dispendiosa...” (Marquês de Maricá, 1773-1848)

9. Referências bibliográficas

Adams, B. J., Verruci, E., Rossetto, T. & Twigg, J. (2012, setembro). Multi-disciplinary Indicators for evaluating the Seismic Resilience of Urban Areas. Comunicação apresentada no 15th World Conference of Earthquake Engineering, Lisboa, Portugal.

ANPC – Autoridade Nacional de Proteção Civil (2003). Plano especial de emergência de proteção civil para o risco sísmico na área metropolitana de Lisboa e concelhos limítrofes.

ANPC – Autoridade Nacional de Proteção Civil (2009). Caderno Técnico. Guia para a caracterização de risco no âmbito da elaboração de planos de emergência de proteção civil.

ANPC – Autoridade Nacional de Proteção Civil (2010). Estudo do risco sísmico e de *tsunamis* do Algarve.

Appleton, J. (2003). Reabilitação de Edifícios Antigos. Patologias e Tecnologias de Intervenção. 1ª Edição, Edições Orion.

Appleton, J. (2011). Reabilitação do Palácio de São Roque - Estudo de diagnóstico.

ARCGIS, *software* desenvolvido ESRI, versão 2010.

AutoCAD, *software* desenvolvido pela Autodesk, versão 2011.

Barbat, A. (2003). Vulnerability and disaster risk indices from engineering perspective and holistic approach to consider hard and soft variables at urban level. BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://idea.unalmz.edu.co>.

Benis, K. (2011). Vistas de Alfama - Entre revitalização e gentrificação. Lisboa. Faculdade de Arquitetura de Lisboa.

Cabral, J. (2003). A geologia na avaliação da perigosidade sísmica. Seminário “riscos geológicos” – 29 a 30 de setembro. A.P.G. – Associação Portuguesa de Geólogos.

Câmara Municipal de Lisboa (2013). Riscos da cidade. Retirado em 12 de Outubro de 2013 de <http://www.cm-lisboa.pt/viver/seguranca/protecao-civil-e-socorro/riscos-da-cidade>

Câmara Municipal de Lisboa (2013). Mapas da cidade. Retirado em 18 de Junho de 2013 de <http://lxi.cm-lisboa.pt/lxi/>

Castro, G. (1989). Acerca do projecto de fundações em estacas de betão armada. LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Catálogo da PERI (2013). Sistema de plataforma FB 180. Retirado em 12 de Outubro de 2013 de http://www.peri.pt/produtos.cfm/fuseaction/diashow/product_ID/24/currentimage/12/productcategory_ID/11/app_id/6.cfm

Costa, A. F. (1999). Sociedade de Bairro: Dinâmicas Sociais da Identidade. 2ª edição. Edições Celta.

D'Ayala, D., Spence, R., Oliveira, C. & Pomonis, A. (1997). Earthquake loss estimation for Europe's historic town centres. *Earthquake Spectra*, 13 (4), 773-793.

Departamento de estruturas (2013). Núcleo de engenharia sísmica e dinâmica de estruturas. Retirado em 12 de Setembro de 2013 de <http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/tectonica.html>

Dwyer, A., Zoppou, C., Nielsen, O., Day, S. & Roberts, S. (2004). Quantifying Social Vulnerability: A methodology for identifying those at risk to natural hazards. *Geoscience Australia Record* 2004/14, 9-30.

Farinha, M. B., Reis, A. C, Farinha & J. P. (2010). Tabelas Técnicas.

Flanagan, B. E., Gregory, E. W., Hallsiey, E. J., Heitgerd, J. L. & Lewis, B. (2011, 1 de janeiro). A social vulnerability index for disaster management. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, Artigo 3, Volume 8, Issue 1, 1-17.

Giuffré, A., Carocci, C. & Baggio, C. (1993). Grupo nazionale Difesa dai terremoti (Italy, Siracusa), and Assessorato alla cultura. Siracurezza e conservazione dei centri storici: il caso Oritigia: codice di pratica per gli interventi antisismici nel centro storico.

Gomes, A. & Vinagre, J. (1997). Tabelas de cálculo – Betão Armado e Pré-Esforçado I. Instituto Superior Técnico.

Gomes, C. A. & Saraiva, R. G. (2012, outubro). Catástrofes Naturais, uma realidade multidimensional. Comunicação apresentada no ICJP – Instituto de Ciências Jurídico-Políticas, Lisboa, Portugal.

Hazus. (1999). Earthquake Loss Estimation Methodology. Technical and User Manuals. Federal Emergency Management Agency. Washington, DC.

Heyman, J. (1966, abril). The stone skeleton, Volume 2, Issue 2. *Internacional Journal of Solids and Structures*, 141-360.

IBM SPSS Statistic, version 20, 2011.

IEFP – Instituto de Emprego e Formação Profissional (2013). Classificação nacional de profissões (CNP). Retirado em 20 de Dezembro de 2013 de <http://www.iefp.pt/formacao/CNP/Paginas/CNP.aspx>

INCM – Imprensa Nacional Casa da Moeda (1988). Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA).

INE – Instituto Nacional de Estatística (2012). Censos 2011. Retirado em 28 de dezembro de 2012 de <http://mapas.ine.pt/download/index2011.phtml>.

IPQ – Instituto Português da Qualidade (2010). Norma Portuguesa NP EN 1998-1. Eurocódigo 8 – Projecto de estruturas para resistência ao sismo (EC8).

IPQ – Instituto Português da Qualidade (2000). Norma Portuguesa NP EN 1996-1. Eurocódigo 6 – Projecto de estruturas de alvenaria (EC6).

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Consultado em 17 de junho de 2013 de <http://www.meteo.pt/sismologia/sismologia.html>.

Jacinto. (2013). Catálogo de equipamento de combate a incêndio. Retirado em 20 de dezembro de 2013 de <http://www.jacinto-lda.com/>.

Lima, F. (1998). Introdução à Sismologia. Aveiro, Universidade de Aveiro. ISBN: 972-8021-73-9.

Lourenço, P. & Oliveira, D. V. (2004). Recomendações para a análise, conservação e restauro estrutural do património arquitetónico. Manuscrito não publicado, Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães.

Mahoney, M. & Hanson, R. D. (2011). Seismic Performance Assessment of Buildings – Volume 1 – Methodology. Prepared by Applied Technology Council. Redwood City, California 94065 (2-6, 4-12).

Mendes, J. M., Tavares, A. O., Freiria, S. & Cunha, L. (2011, junho). A vulnerabilidade social aos perigos naturais e tecnológicos em Portugal. Revista Crítica de Ciências Sociais, nº 93, 95-128.

Miranda, F. A. (2011). Caracterização dos edifícios Pombalinos da baixa de Lisboa. Mestrado Integrado em Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

NOAA's – National Geophysical Data Center (NGDC). <http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/icons/1755>

Ordem dos engenheiros (2013). Dimensões e réplicas intemporais do terramoto de 1755. Retirado em 10 de Agosto de 2013 de <http://www.ordemengenheiros.pt/pt/centro-de-informacao/dossiers/historias-da-engenharia/dimensoes-e-replicas-intemporais-do-terramoto-de-1755/>

Palacios, S. M. (2004). State of the Art in Seismic Vulnerability. Manuscrito não publicado, Universidad de Alicante. Departamento de Ciencias del Mar e Biología Aplicada, Alicante.

PERS – Plano de Emergência para o Risco Sísmico. (2003). Versão 2.0. Câmara Municipal de Lisboa, Departamento de Proteção Civil Municipal de Lisboa.

Pinho, F. (2000). Paredes de Edifícios Antigos em Portugal. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

Proteção Civil Lisboa. (2008). Manual do Plano Local de Emergência. Junta de Freguesia de Santo Estevão.

Reis, A. J. (2001). Dimensionamento de Estruturas. Introdução. Metodologia de Projeto. IST – Instituto Superior Técnico.

Ribeiro, A., Cidade, H. (2004). História de Portugal - Volume VI - A Monarquia Absolutista - Da Afirmação do Poder às Invasões Francesas. Edições Quidnovi.

Sandi, H. & Floricel, I. (1995). Analysis of seismic risk affecting the existing building stock. In Proc. of the 10th European Conference on Earthquake Engineering, volume 3, (pp. 1105-1110).

SAP 2000, software desenvolvido por Made2Web, versão V 14.

Santos, R., Rebelo, P. & Neto, N. (2012). Relatório final – Intervenção arqueológica no Beco do Loureiro - Lisboa. Lisboa.

SMPC – Serviço Municipal de Proteção Civil. (2003). Plano de Emergência para o Risco Sísmico. CML, Lisboa.

Tecnasol. (2005). Sondagens na área envolvente ao Beco do Loureiro (Lisboa) – Estudo geológico e geotécnico.

Vicente, R. (2008). Estratégias e metodologias para intervenções de reabilitação. Tese de Douturamento, Universidade de Aveiro.

Vicente, R., Costa, A., Santos, M., Mendes da Silva, J. A., Oliveira, C. S., Santos, C., Varum, H., Ferreira, T. & Subtil, A. (2010). Avaliação da vulnerabilidade sísmica do núcleo urbano antigo do Seixal. 8º Congresso de Sismologia e Engenharia Sísmica.

ANEXO I
Check List

ANEXO II
Caraterização dos edifícios de Alfama

ANEXO III
Edificios modelados – SAP2000

ANEXO IV
Folha de cálculo – corte basal
